

10/523,347

PCT/JP03/07093

04.06.03

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年 6月 6日

RECEIVED

27 JUN 2003

出願番号

Application Number:

特願2002-165014

WIPO PCT

[ST.10/C]:

[JP2002-165014]

出願人

Applicant(s):

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

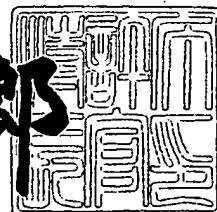
PRIORITY  
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2002年11月19日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2002-3091484

【書類名】 特許願  
【整理番号】 JP9020100  
【提出日】 平成14年 6月 6日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 G06F 19/00  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本アイ・ビ  
ー・エム株式会社 東京基礎研究所内  
【氏名】 清水 周一  
【特許出願人】  
【識別番号】 390009531  
【氏名又は名称】 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレ  
ーション  
【代理人】  
【識別番号】 100086243  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 坂口 博  
【代理人】  
【識別番号】 100091568  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 市位 嘉宏  
【代理人】  
【識別番号】 100106699  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 渡部 弘道  
【復代理人】  
【識別番号】 100110607  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 間山 進也

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 062651

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9706050

【包括委任状番号】 9704733

【包括委任状番号】 0004480

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 デジタル・コンテンツ配信システム、デジタル・コンテンツ配信方法、該方法を実行するためのプログラム、該プログラムを記憶したコンピュータ可読な記録媒体、およびそのためのサーバおよびクライアント

【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1のネットワークと第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを配信するためのシステムであって、

前記第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、

前記第1のネットワークに接続される前記第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するためのクライアントとを含み、

前記サーバは、保持したデジタル・コンテンツを複数のパケットに分割して前記第2のネットワークに対して前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信する手段を含み、

前記第2のネットワークを構成する前記クライアントは、前記クライアントが前記サーバから受信した前記最小単位のパケットと、前記第2のネットワークを構成する他のクライアントから受信したパケットとを使用して、前記第2のネットワーク内に接続されたすべての前記クライアントに対して前記デジタル・コンテンツを保持させるための手段を含む

デジタル・コンテンツ配信システム。

【請求項2】 前記サーバは、前記最小単位のパケットを、前記第2のネットワークの複数のクライアントに動的に割り当てる手段を含む、請求項1に記載のデジタル・コンテンツ配信システム。

【請求項3】 前記最小単位のパケットを前記第2のネットワークの複数のクライアントに割り当てる手段は、

前記クライアントのオーバーヘッドを決定するための手段と、

前記オーバーヘッドに関連して前記クライアントの少なくとも1つの中間ノードとして動的に選択し、当該中間ノードに宛てて前記パケットを割り当てる手段と

を含む、請求項3に記載のディジタル・コンテンツ配信システム。

【請求項4】 前記クライアントのオーバーヘッドを決定するための手段は、前記サーバが前記最小単位のパケットを所定のクライアントに宛てて送信した時刻と、前記所定のクライアントが前記最小単位のパケットの受信通知を発行した時刻との時間差を決定するための手段を含む、請求項3に記載のディジタル・コンテンツ配信システム。

【請求項5】 第1のネットワークに接続され、ディジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記ディジタル・コンテンツを受信して提供するためのクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してディジタル・コンテンツを前記クライアントに配信するための方法であって、

　ディジタル・コンテンツを複数のパケットに分割して前記サーバから前記クライアントに対して前記ディジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信するステップと、

　前記第2のネットワークを構成するクライアントが前記サーバから前記最小単位のパケットを受信するステップと、

　前記第2のネットワークを構成する他のクライアントから前記ディジタル・コンテンツを再構成するためのパケットを受信するステップと、

　前記サーバから送信された前記最小単位のパケットと、前記他のクライアントから受信したパケットとを使用して、前記第2のネットワーク内に接続されたすべての前記クライアントに対して前記ディジタル・コンテンツを保持させるステップと

を含むディジタル・コンテンツ配信方法。

【請求項6】 前記最小単位のパケットを送信するステップは、前記サーバから前記最小単位のパケットを、前記第2のネットワークの複数のクライアントに動的に割り当てるステップを含む、請求項5に記載のディジタル・コンテンツ配信方法。

【請求項7】 前記最小単位のパケットを前記第2のネットワークの複数のクライアントに割り当てるステップは、

前記クライアントのオーバーヘッドを決定するステップと、  
前記オーバーヘッドを前記サーバに保持させるステップと、  
前記保持されたオーバーヘッドに関連して中間ノードとなるクライアントを選択するステップと、

前記中間ノードとして選択されたクライアントに宛てて前記最小単位のパケットを割り当てるステップと  
を含む、請求項5に記載のデジタル・コンテンツ配信方法。

【請求項8】 前記クライアントのオーバーヘッドを決定するステップは、  
前記サーバが前記最小単位のパケットを所定のクライアントに宛てて送信した時刻を前記サーバに登録するステップと、

前記所定のクライアントが前記パケットの受信通知を発行した時刻を前記サーバに登録するステップと、

前記送信した時刻と前記発行した時刻との時間差を算出するステップとを含む、  
請求項7に記載のデジタル・コンテンツ配信方法。

【請求項9】 第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するための宛先が指定されたクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを前記宛先に宛てて配信する方法を実行するためのサーバ・プロセスを実行するプログラムであって、前記プログラムは、

デジタル・コンテンツを複数のパケットに分割するステップと、  
最小単位のパケットを、前記サーバから前記第2のネットワークの複数の宛先に動的に割り当てるステップと、

前記サーバから前記第1のネットワークを介して前記第2のネットワークに対して前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信するステップと、

を含み、前記割り当てステップは、

前記宛先からの受信通知を受信するステップと、

前記受信通知を前記サーバに保持させるステップと、

前記保持された受信通知を使用して関連して中間ノードとなる宛先を選択する  
ステップと、

前記中間ノードとして選択された宛先に宛てて前記最小単位のパケットを割り  
当てるステップと  
を実行させるプログラム。

【請求項10】 前記宛先を選択するステップは、  
前記サーバが前記最小単位のパケットを所定の宛先に宛てて送信した時刻をサ  
ーバに登録するステップと、

前記最小単位のパケットの前記受信通知が発行された時刻を前記サーバに登録  
するステップと、

前記送信した時刻と前記受信した時刻との時間差を算出するステップとを含む  
、請求項9に記載のプログラム。

【請求項11】 第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを  
送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを  
構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するための宛先が指定され  
たクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークと  
を介してデジタル・コンテンツを前記宛先に宛てて配信する方法を実行するた  
めのサーバ・プロセスを実行するプログラムが記録されたコンピュータ可読な記  
録媒体であって、前記プログラムは、

デジタル・コンテンツを複数のパケットに分割するステップと、  
前記サーバから最小単位のパケットを、前記第2のネットワークの複数の宛先  
に動的に割り当てるステップと、

前記サーバから前記第1のネットワークを介して前記第2のネットワークに対  
して前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信す  
るステップと、

を含み、前記割り当てステップは、  
前記宛先からの受信通知を受信するステップと、  
前記受信通知を前記サーバに保持させるステップと、  
前記保持された受信通知を使用して関連して中間ノードとなる宛先を選択する

ステップと、

前記中間ノードとして選択された宛先に宛てて前記最小単位のパケットを割り当てるステップと  
を実行させる記録媒体。

【請求項12】 前記宛先を選択するステップは、

前記サーバが前記最小単位のパケットを所定の宛先に宛てて送信した時刻をサーバに登録するステップと、

前記最小単位のパケットの前記受信通知が発行された時刻を前記サーバに登録するステップと、

前記送信した時刻と前記受信した時刻との時間差を算出するステップとを含む  
、請求項11に記載のプログラム。

【請求項13】 さらに、前記宛先を選択するステップは、

前記サーバに宛先リストを保持させるステップと、

前記宛先リストと前記受信通知の発行された時刻とを使用して宛先を選択するステップと、

前記宛先リストを定期的に更新するステップとを含む  
請求項12に記載のプログラム。

【請求項14】 第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するためのクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを前駆クライアントに配信するための方法を実行するクライアント・プロセスを実行させるためのプログラムであって、該プログラムは、前記クライアントに対し、

前記第1のネットワークを介して複数のパケットに分割されたデジタル・コンテンツを構成する最小単位のパケットを受信するステップと、

前記第2のネットワークを構成する他のクライアントから前記デジタル・コンテンツを再構成するためのパケットを受信するステップと、

前記第1のネットワークを介して受信した前記最小単位のパケットと、前記他

のクライアントから受信したパケットとを使用して前記第2のネットワークに含まれる前記クライアントに対して前記ディジタル・コンテンツを保持させるステップと

を実行させるプログラム。

【請求項15】 前記最小単位のパケットを受信したクライアントに対してさらに、前記最小単位のパケットを受信した時刻を含む受信通知を生成するステップを実行させる、請求項14に記載のプログラム。

【請求項16】 さらに、前記クライアントに対して、前記最小単位のパケットと、前記他のクライアントから受信したパケットとを識別するステップを実行させる、請求項14に記載のプログラム。

【請求項17】 さらに、前記第2のネットワークを構成するメンバーのリストを生成するステップと、

前記リストを、前記第2のネットワークにクライアントが追加または削除された場合に更新するステップとを含む、請求項14に記載のプログラム。

【請求項18】 第1のネットワークに接続され、ディジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記ディジタル・コンテンツを受信して提供するためのクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してディジタル・コンテンツを前駆クライアントに配信するための方法を実行するクライアント・プロセスを実行させるためのプログラムが記録されたコンピュータ可読な記録媒体であって、該プログラムは、前記クライアントに対し、

前記第1のネットワークを介して複数のパケットに分割されたディジタル・コンテンツを構成する最小単位のパケットを受信するステップと、

前記第2のネットワークを構成する他のクライアントから前記ディジタル・コンテンツを再構成するためのパケットを受信するステップと、

前記第1のネットワークを介して受信した前記最小単位のパケットと、前記他のクライアントから受信したパケットとを使用して前記第2のネットワークに含まれる前記クライアントに対して前記ディジタル・コンテンツを保持させるステップと

を実行させる記録媒体。

【請求項19】 前記最小単位のパケットを受信したクライアントに対してさらに、前記最小単位のパケットを受信した時刻を含む受信通知を生成するステップを実行させる、請求項18に記載の記録媒体。

【請求項20】 さらに、前記クライアントに対して、前記最小単位のパケットと、前記他のクライアントから受信したパケットとを識別するステップを実行させる、請求項18に記載の記録媒体。

【請求項21】 さらに、前記第2のネットワークを構成するメンバーのリストを生成するステップと、

前記リストを、前記第2のネットワークにクライアントが追加または削除された場合に更新するステップとを含む、請求項18に記載の記録媒体。

【請求項22】 第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークに対して提供するためのサーバであって、該サーバは、

デジタル・コンテンツを複数のパケットに分割するための手段と、

前記第2のネットワークに含まれる宛先を含むリストを記憶する手段と、

前記サーバから前記第1のネットワークを介して前記第2のネットワークに対して、前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信する手段と、

前記リストを使用して前記最小単位のパケットを送信する前記第2のネットワークに対する宛先を動的に割り当てる動的割り当て手段と、

前記宛先からの受信通知を受信する手段と、

前記受信通知を使用して中間ノードとなる宛先を選択する手段と、

前記中間ノードとして選択された宛先を使用して前記最小単位のパケットを送信する手段と

を含むデジタル・コンテンツ配信サーバ。

【請求項23】 前記動的割り当て手段は、

前記最小単位のパケットを所定の宛先に宛てて送信した時刻を前記サーバに登録する手段と、

前記所定のクライアントが前記最小単位のパケットの前記受信通知を発行した時刻を前記サーバに登録する手段と、

前記送信した時刻と前記受信した時刻との時間差を算出する手段とを含む、請求項2\_2に記載のサーバ。

【請求項24】 前記サーバは、宛先リストを含み、さらに前記宛先リストを、前記第2のネットワークの構成の変更に関連して動的に更新する手段を含む、請求項2\_2に記載のサーバ。

【請求項25】 第1のネットワークを介して配信されるディジタル・コンテンツを受信し、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成するクライアントであって、該クライアントは、

前記第1のネットワークを介して複数のパケットに分割されたディジタル・コンテンツを構成する最小単位のパケットを受信する手段と、

前記第2のネットワークを介して前記ディジタル・コンテンツを再構成するためのパケットを受信する手段と、

前記第1のネットワークを介して受信した前記最小単位のパケットと、前記第2のネットワークを介して他のクライアントから受信したパケットとを使用して、前記第2のネットワークに含まれるクライアントに対して前記ディジタル・コンテンツを保持させる手段と

を含むクライアント。

【請求項26】 前記クライアントは、前記最小単位のパケットを受信した時刻を含む受信通知を生成する手段を含む、請求項2\_5に記載のクライアント。

【請求項27】 さらに、前記クライアントは、前記最小単位のパケットと、前記他のクライアントから受信したパケットとを識別する手段を含む、請求項2\_5に記載のクライアント。

【請求項28】 さらに、前記第2のネットワークを構成するメンバーのリストを含み、

前記リストを、前記第2のネットワークにクライアントが追加または削除された場合に更新する手段とを含む、請求項2\_5に記載のクライアント。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、デジタル・コンテンツの配信に関し、より詳細には、デジタル・コンテンツ配信サイトからネットワークを介してデジタル・コンテンツを配信して、複数のクライアントに保持させることにより、ネットワークを介してデジタル・コンテンツを効率よく配信することを可能とするデジタル・コンテンツ配信システム、デジタル・コンテンツ配信方法、該方法を実行させるためのプログラム、該プログラムを含むコンピュータ可読な記録媒体、そのためのサーバおよびクライアントに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年では、コンピュータ、公衆電話回線、ISDN、光通信、無線通信、ADSLなどの方式を介したインターネットといったネットワークがますます普及している。今後、電子メールといったデジタル・コンテンツの配信ばかりではなく、ネットワークを介してテキスト・データ、音声データ、画像データ、およびこれらの複合したマルチメディア・データを、デジタル・コンテンツを提供するサイトに配置されたサーバから、ネットワークを介して複数のコンピュータ、または携帯型端末といったクライアントへと配信するサービスがますます普及するものと考えられる。

【0003】

一方では、上述したインターネットといった広範な範囲に渡ってデジタル・コンテンツを配信、または管理することが可能な第1のネットワークの他に、企業、政府機関、行政機関、教育機関、図書館、放送通信機関といった公共的グループにおいてコンピュータ資源の効率的な利用を可能とするため、インターネットに比較すれば狭い範囲においてデジタル・コンテンツを共有して管理し、配信を行う、ローカル・エリア・ネットワーク（LAN）、ワイド・エリア・ネットワーク（WAN）といった第2のネットワークも、急速に普及している。すなわち、現在におけるサーバー公共的グループ間の接続は、多くの場合には、複数のグループに帰属される複数のネットワークを介して行われているといえる。通

常、上述した第2のネットワークにおいては、コンピュータといった複数のクライアント・コンピュータ（以下、クライアントとして参照する。）が接続されており、所与のデジタル・コンテンツを保持することが可能とされている。

## 【0004】

上述したネットワーク環境においては、サーバが保持するデジタル・コンテンツを、他のネットワークに帰属される複数のクライアントへと配信することが必要とされる場合がある。これまでサーバから送信されるデジタル・コンテンツを複数のクライアントに向けて配信する送信する方法またはシステムが種々提案されてきている。

## 【0005】

たとえば、Deering, S.ら、「Multicast Routing in Internetworks and Extended LANs」(Stanford University, Department of Computer Science Technical Report: STAN-CS-88-1214, July, 1988)においては、ネットワーク系路上でパケットの重複を回避するため、いわゆるIPマルチキャストと呼ばれる方法が提案されている。図23には、Deeringらにより提案されたIPマルチキャスト方式の概略図を示す。図23に示されるように、Deeringらにより提案されたIPマルチキャスト方式は、ネットワーク100上でのパケットの重複を排除し、良好な通信を可能とするものの、単純なIP転送を行うルータの代わりに、サービスを受けるクライアントに関する「ステート(state)」を持つ専用のルータを配置する必要があるなど、ネットワーク資源の複雑化を伴うといった不都合があった。また、上述したネットワーク資源の複雑化に関連して、ネットワーク設備の増設が必要とされること、またはクライアントの不意の障害や、離脱といった事態に対応することができないなど、スケーラビリティに制約が生じるという不都合が生じていた。

## 【0006】

また、IPマルチキャストは、任意のソースから任意のグループにデータが送れるという仕組み上、悪意のある攻撃に弱くなること、グループに対して唯一の大域的なアドレスを確保する必要があること、基本的にベスト・エフォート型であり、デジタル・コンテンツの配信を行う点では低コストでサービスを運営で

きるという利点がある。しかしながら、IPマルチキャストは、わずかな回線中断が多大な損失につながる企業の基幹回線や、常に一定の帯域を確保する必要がある動画配信などの用途には不向きであるなど、信頼性や、混雑の回避、セキュリティなどの扱いが、ユニキャストに比べて難しいという不都合がある。さらには、IPマルチキャストは、ネットワーク基盤の大規模な変更を必要とすることなどの理由により、まだまだ実用的であるとはいえない。

## 【0007】

また、上述したIPマルチキャストの問題点を解消するために、「アプリケーションレベル・マルチキャスト(application-level multicast)」方式も提案されている (Dimitrios Pendarakis, Sherlia Shi, Dinesh Verma, and Marcel Waldvogel. Almi: An application level multicast infrastructure. In Proceedings of the 3rd USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems (USITS), pages 49--60, 2001; Y. Chu, S. Rao, and H. Zhang. A Case For End System Multicast. In Proc. ACM Sigmetrics, June 2000; P. Francis, "Yoid: extending the interent multicast architecture," preprint available from <http://www.isis.edu/div7/yoid/>, April 2000)。

## 【0008】

上述した先行技術においては、クライアントがパケット送信の中継点を兼ねて、より下流側のクライアントにパケットを転送する方式が用いられる。図24には、アプリケーションレベル・マルチキャスト方式を使用したディジタル・コンテンツの配信の概略図を示す。図24に示されるアプリケーションレベル・マルチキャスト方式は、クライアント106に対してランクを与え、それぞれバス木構造にしたがって、パケットの送信を行うことができる構成とされている。図24に示したアプリケーションレベル・マルチキャスト方式においては、Pendarakisらは、すべての参加クライアントを効率的に接続する最小ネットワークを計算する。また、Chuらは、パケットの流れをクライアントに対して割り当てる試みを行っている。

## 【0009】

最小ネットワークは、たとえば、枝が round-trip time (RTT) で重み付け

された minimum spanning tree (MST) として形成される。MSTは、静的に決定されるので、参加クライアントの離脱等が起きた場合には再構成が必要となる。この再構成を行う計算は、サーバ108が実行するので、サーバ108に対して与えられるオーバヘッドが大きくなるという不都合がある。また、各々の参加離脱による再構成を局所的に行い、定期的に全体の構成を見直すなどとして、サーバ108に対するオーバヘッドを軽減するための方式も提案されている。それでも、パケットを送信するバス木構造の中間に位置するクライアントが離脱した場合や、クライアント106の中央処理装置 (CPU) が他のプロセスに割り当たられ、パケットをリレーできない場合などには、その下流のクライアントにおいてパケット受信の突発的な遮断といった影響を受ける。この不都合を回避するには、最小ネットワーク（木構造）に冗長性を持たせる、あるいは代替の木構造をあらかじめ用意するなどの対策が必要となり、最小ネットワークの構成がますます複雑化し、このため、再構成の際にサーバ108に対して加えられるオーバヘッドがさらに増加することになる。この理由は、各クライアントがリレーの役割を静的に与えられていることによるものであり、ネットワーク構成情報を含むバス木構造の生成・再構成は、サーバのみが行うことによる。

## 【0010】

一方では、分散したクライアントを使用して、協調的に送信パケットのキャッシングを行うシステムも提案されている。協調的にパケットのキャッシングを行うシステムでは、サーバ108からではなくて、クライアント106のキャッシュからデータ入手する（特願平11-282332明細書、発明の名称「分散クライアントベースのデータ・キャッシング・システム」）。特願平11-282332号明細書には、各クライアントが、データ・キャッシュとクライアントの対応表を利用して、希望するデータをキャッシングしているクライアントを探し出し、そのクライアントからデータ入手する手法が開示されている。

## 【0011】

特願平11-282332号明細書に開示された方法は、良好にクライアントにおけるキャッシングを行うことを可能とするものの、データ入手した時点できなくともキャッシングされるデータの長さだけ遅れが生じ、時間遅れの小さい

、リアルタイム性が必要なストリーミングなどの場合には、リアルタイム性の点で充分ではない。また、特願平11-282332号明細書では、大きなデータ長でのキャッシングについては何ら開示するものではない。また、上述したデータ・キャッシング・システムは、キャッシングによる時間遅延を低減するべく、ストリームを小さなパケットに分割して管理すると、パケットの単位で頻繁にキャッシングのための対応表を更新することが必要となり、クライアントに対するオーバーヘッドが増大する。そのため、対応表をクライアントに含ませる利点が損なわれるばかりでなく、クライアントのオーバーヘッドを著しく増加させてしまうので、実用的ではない。

### 【0012】

一方、Akamaiらは、クライアントをエッジ・サーバに接続させる構成を提案している (<http://www.akamai.com>)。図25にAramakiらにより提案された方式を概略的に示す。図25に示したAramakiらの方式では、ネットワーク100を介して遠隔的に配置されたサーバ108と、クライアント106の近くに配置されたエッジ・サーバ110とを使用する。遠隔サーバ108と、エッジ・サーバ110との間のネットワーク100は、ベスト・エフォート型のネットワークとされており、バンド幅を使い切るようにしてデジタル・コンテンツを送信した後、送信されたデジタル・コンテンツは、いったんエッジ・サーバ110でキャッシュされる。キャッシュされたデジタル・コンテンツは、エッジ・サーバ110から改めて近隣のクライアントにストリーミングされ、デジタル・コンテンツのクライアントに対する配信が完了される。すなわち、Aramakiらの方法は、サーバ108とエッジ・サーバ110の間のパケットの重複を抑え、混雑を回避する方法のひとつの解決策を与えるものである。しかしながら、エッジ・サーバ110を使用する場合であっても、エッジ・サーバ110のオーバーヘッドが課題となりがちで、エッジ・サーバ110から各クライアントへとパケットを送信する際にも送信パケットの重複を低減することが必要である。

### 【0013】

サーバ108とエッジ・サーバ110の間がインターネットでない場合でも、バックボーンがバンド幅共有型のインターネットなら、バックボーンでのパケッ

ト重複による混雑を回避するために同様のサーバ108と、エッジ・サーバ110とを使用する構成が利用できる。しかしながら、バックボーン・ルータで相互接続されているエンド・ルータの下すべてにエッジ・サーバ110を配置することが必要とされるので、LANまたはWANといった第2のネットワークを構成するためのコストが高まり、さらにエッジ・サーバ110のメンテナンス・コストの増加、そのためのネットワーク管理者への負荷増大といった不都合が発生してしまう。また、システムとしての複雑さの増加は、ネットワークおよびそのための処理の自律性 (autonomic computing) という観点から問題となる状況が生じる。このため、デジタル・コンテンツをリアルタイム性を確保しつつ、複数のクライアントへと、特別の補助サーバ（エッジ・サーバなど）を持たず、単純で、かつ self-configuring、self-optimizing などの機能を含むネットワークの自律性を付与したロバスト運用されるシステムを提供することが必要とされていた。

## 【0014】

## 【発明が解決しようとする課題】

すなわち、これまで1対多のデジタル・コンテンツ、特にリアルタイム性が必要とされるマルチメディア・コンテンツの配信において、ネットワーク系路上での送信パケットの重複を避けて、トラフィックの混雑を回避すると共に、個々のルータの複雑化を招くことなく、また経路上すべてのルータを交換する作業およびコストなど、大規模な投資を伴う変更を必要としないリアルタイム性の向上したデジタル・コンテンツの配信を可能とすることが必要とされていた。また、ルータ、スイッチング・ハブなどのネットワーク層の変更なく、さらには静的な最小ネットワークにおけるクライアントの頻繁な参加および離脱に対応する再構成の必要を排除することで、サーバへのオーバヘッドを低減させ、ネットワーク・システムの安定性を損なわずにデジタル・コンテンツの配信を行うことが必要とされていた。

## 【0015】

具体的に言えば、たとえば、上流の中継点に位置するクライアントが異常終了などで離脱した場合に、その下流側のクライアントの安定性を確保し、確実にユ

ーザに対してデジタル・コンテンツを配信することを可能とするべく、冗長性を持たせるネットワーク構成にするなど、ネットワーク資源の複雑化およびサーバに対する再編成のオーバヘッドを増すことなく、デジタル・コンテンツのリアルタイム性を確保するデジタル・コンテンツの配信を行うことが必要とされていた。

## 【0016】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、上述した不都合に鑑みてなされたものであり、本発明においては、サーバから複数の情報処理装置に対してデジタル・コンテンツをリアルタイムで提供する。デジタル・コンテンツの提供は、サーバが、デジタル・コンテンツを第1のネットワークを介してパケットとして第2のネットワークに属する少なくとも1つのクライアントへと送信する。送信されるパケットは、デジタル・コンテンツを再構成するために必要とされる最小単位とされる。なお、本発明においては、最小単位のパケットとは、元のデジタル・コンテンツをパケットの重複無く再構成することができる最小のパケットのことを意味し、本発明においては、以下、ソース・パケットとして参照する。ソース・パケットを受け取ったクライアントは、第2のネットワークを介して第2のネットワークに接続されたクライアントに対して受信したソース・パケットのコピーを送信する。コピー・パケットを送信したクライアントは、他のクライアントが受信したソース・パケットのコピーを受信する。所定の期間の間に複数のパケットに分割されて送信されたデジタル・コンテンツは、クライアントにおいて結合させることにより再構築され、クライアントにおいてユーザへとリアルタイムで提供される。本発明における提供の態様は、動画イメージ・データの表示、オーディオ・データの再生、マルチメディア・データを構成する画像データの表示と、それに同期したオーディオ・データの再生などの、これまで知られたいかなる態様をも含みうる。以下、本発明において上述した提供態様を含めて表示または再生として定義する。再構築されたデジタル・コンテンツを提供させている間に、クライアントは、さらに後続するパケットを受信し、すでに再構築されたデジタル・コンテンツの提供の間に、後続するストリームの再構成を完了し連続的なデジタル

- ・コンテンツの提供を可能とする。

【0017】

本発明は、上述の処理を繰り返すことにより、送信されたパケットの重複を回避しつつ、デジタル・コンテンツの安定した配信を続け、ネットワークを構成するクライアントの頻繁な離脱や新規の参加に対して、柔軟に対応することを可能とする。また、本発明は、たとえばCPU割り当て状況の変化など、各クライアントにおける大きな環境変動に対してもデジタル・コンテンツの配信の効率に影響を与えない、安定したシステムを実現する。また、本発明は、特別な構成のルータや、スイッチング・ハブ、または補助サーバなどを用いないことにより、ネットワーク・システムのコストを必要に増大させることなく、さらにネットワーク・ユーザに対してメンテナンスなどの業務を付加することのないデジタル・コンテンツの配信を可能とする。

【0018】

すなわち、本発明によれば、第1のネットワークと第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを配信するためのシステムであって、

前記第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、

前記第1のネットワークに接続される前記第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するためのクライアントとを含み、

前記サーバは、保持したデジタル・コンテンツを複数のパケットに分割して前記第2のネットワークに対して前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信する手段を含み、

前記第2のネットワークを構成する前記クライアントは、前記クライアントが前記サーバから受信した前記最小単位のパケットと、前記第2のネットワークを構成する他のクライアントから受信したパケットとを使用して、前記第2のネットワーク内に接続されたすべての前記クライアントに対して前記デジタル・コンテンツを保持させるための手段を含む

デジタル・コンテンツ配信システムが提供される。

【0019】

本発明においては、前記サーバは、前記最小単位のパケットを、前記第2のネットワークの複数のクライアントに動的に割り当てる手段を含むことができる。本発明における前記最小単位のパケットを前記第2のネットワークの複数のクライアントに割り当てる手段は、

前記クライアントのオーバーヘッドを決定するための手段と、

前記オーバーヘッドに関連して前記クライアントの少なくとも1つを中間ノードとして動的に選択し、当該中間ノードに宛てて前記パケットを割り当てる手段と

を含むことができる。本発明の前記クライアントのオーバーヘッドを決定するための手段は、前記サーバが前記最小単位のパケットを所定のクライアントに宛てて送信した時刻と、前記所定のクライアントが前記最小単位のパケットの受信通知を発行した時刻との時間差を決定するための手段を含むことができる。

#### 【0020】

本発明によれば、第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するためのクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを前記クライアントに配信するための方法であって、

デジタル・コンテンツを複数のパケットに分割して前記サーバから前記クライアントに対して前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信するステップと、

前記第2のネットワークを構成するクライアントが前記サーバから前記最小単位のパケットを受信するステップと、

前記第2のネットワークを構成する他のクライアントから前記デジタル・コンテンツを再構成するためのパケットを受信するステップと、

前記サーバから送信された前記最小単位のパケットと、前記他のクライアントから受信したパケットとを使用して、前記第2のネットワーク内に接続されたすべての前記クライアントに対して前記デジタル・コンテンツを保持させるステップと

を含むデジタル・コンテンツ配信方法が提供される。

【0021】

本発明によれば、第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するための宛先が指定されたクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを前記宛先に宛てて配信する方法を実行するためのサーバ・プロセスを実行するプログラムであって、前記プログラムは、

デジタル・コンテンツを複数のパケットに分割するステップと、

最小単位のパケットを、前記サーバから前記第2のネットワークの複数の宛先に動的に割り当てるステップと、

前記サーバから前記第1のネットワークを介して前記第2のネットワークに対して前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信するステップと、

を含み、前記割り当てステップは、

前記宛先からの受信通知を受信するステップと、

前記受信通知を前記サーバに保持させるステップと、

前記保持された受信通知を使用して関連して中間ノードとなる宛先を選択するステップと、

前記中間ノードとして選択された宛先に宛てて前記最小単位のパケットを割り当てるステップと

を実行させるプログラムが提供される。

【0022】

本発明によれば、第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するための宛先が指定されたクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを前記宛先に宛てて配信する方法を実行するためのサーバ・プロセスを実行するプログラムが記録されたコンピュータ可読な記

録媒体であって、前記プログラムは、

デジタル・コンテンツを複数のパケットに分割するステップと、

前記サーバから最小単位のパケットを、前記第2のネットワークの複数の宛先に動的に割り当てるステップと、

前記サーバから前記第1のネットワークを介して前記第2のネットワークに対して前記デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信するステップと、

を含み、前記割り当てステップは、

前記宛先からの受信通知を受信するステップと、

前記受信通知を前記サーバに保持させるステップと、

前記保持された受信通知を使用して関連して中間ノードとなる宛先を選択するステップと、

前記中間ノードとして選択された宛先に宛てて前記最小単位のパケットを割り当てるステップと

を実行させる記録媒体が提供される。

### 【0023】

本発明によれば、第1のネットワークに接続され、デジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記デジタル・コンテンツを受信して提供するためのクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してデジタル・コンテンツを前駆クライアントに配信するための方法を実行するクライアント・プロセスを実行させるためのプログラムであって、該プログラムは、前記クライアントに対し、

前記第1のネットワークを介して複数のパケットに分割されたデジタル・コンテンツを構成する最小単位のパケットを受信するステップと、

前記第2のネットワークを構成する他のクライアントから前記デジタル・コンテンツを再構成するためのパケットを受信するステップと、

前記第1のネットワークを介して受信した前記最小単位のパケットと、前記他のクライアントから受信したパケットとを使用して前記第2のネットワークに含

まれる前記クライアントに対して前記ディジタル・コンテンツを保持させるステップと  
を実行させるプログラムが提供される。

【0024】

本発明によれば、第1のネットワークに接続され、ディジタル・コンテンツを送信するサーバと、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成し、前記ディジタル・コンテンツを受信して提供するためのクライアントとを含み、前記第1のネットワークと前記第2のネットワークとを介してディジタル・コンテンツを前駆クライアントに配信するための方法を実行するクライアント・プロセスを実行させるためのプログラムが記録されたコンピュータ可読な記録媒体であって、該プログラムは、前記クライアントに対し、

前記第1のネットワークを介して複数のパケットに分割されたディジタル・コンテンツを構成する最小単位のパケットを受信するステップと、

前記第2のネットワークを構成する他のクライアントから前記ディジタル・コンテンツを再構成するためのパケットを受信するステップと、

前記第1のネットワークを介して受信した前記最小単位のパケットと、前記他のクライアントから受信したパケットとを使用して前記第2のネットワークに含まれる前記クライアントに対して前記ディジタル・コンテンツを保持させるステップと

を実行させる記録媒体が提供される。

【0025】

本発明によれば、第1のネットワークに接続され、ディジタル・コンテンツを前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークに対して提供するためのサーバであって、該サーバは、

ディジタル・コンテンツを複数のパケットに分割するための手段と、

前記第2のネットワークに含まれる宛先を含むリストを記憶する手段と、

前記サーバから前記第1のネットワークを介して前記第2のネットワークに対して、前記ディジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信する手段と、

前記リストを使用して前記最小単位のパケットを送信する前記第2のネットワークに対する宛先を動的に割り当てる動的割り当て手段と、

前記宛先からの受信通知を受信する手段と、

前記受信通知を使用して中間ノードとなる宛先を選択する手段と、

前記中間ノードとして選択された宛先を使用して前記最小単位のパケットを送信する手段と

を含むデジタル・コンテンツ配信サーバが提供される。

【0026】

本発明によれば、第1のネットワークを介して配信されるデジタル・コンテンツを受信し、前記第1のネットワークに接続される第2のネットワークを構成するクライアントであって、該クライアントは、

前記第1のネットワークを介して複数のパケットに分割されたデジタル・コンテンツを構成する最小単位のパケットを受信する手段と、

前記第2のネットワークを介して前記デジタル・コンテンツを再構成するためのパケットを受信する手段と、

前記第1のネットワークを介して受信した前記最小単位のパケットと、前記第2のネットワークを介して他のクライアントから受信したパケットとを使用して、前記第2のネットワークに含まれるクライアントに対して前記デジタル・コンテンツを保持させる手段と

を含むクライアントが提供される。

【0027】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を具体的な実施の形態をもって説明するが、後述する実施の形態は、本発明を制限するものではない。

【0028】

図1は、本発明のデジタル・コンテンツ配信システム10を示した概略図である。本発明のデジタル・コンテンツ配信システム10は、ネットワーク12に接続されたサーバ14と、それぞれルータ16およびスイッチング・ハブ18といったネットワーク機器を介してネットワーク12に接続された複数のクライ

アント20とを含んで構成されている。図1に示されたネットワーク12としては、インターネット、WAN、LANといったネットワークを挙げることができ、ネットワークを構成するための通信媒体としては、公衆電話回線、ISDN、ADSL、光通信、地上波無線通信、衛星通信などを使用することができる。サーバ14は、ネットワーク12およびネットワーク22を介して、クライアント20へと、本発明に従いデジタル・コンテンツを配信している。本発明において配信されるデジタル・コンテンツとしては、リアルタイム性を持って同時に複数のクライアントに対してコンテンツの提供を行うことが必要な、MPEG2、MPEG4、またはさらに高次の動画イメージ・データなどを挙げることができる。また、本発明においてはデジタル・コンテンツとしては、動画イメージ・データの他、動画イメージ・データと音響データ、テキスト・データといった複数の種類のデジタルデータを含んで構成されたマルチメディア・データを用いることもできる。

#### 【0029】

また、クライアント20は、ルータ16およびスイッチング・ハブ18などを介してネットワーク12へと接続されていると共に、同一のルータ16ごとに割り当てられた、たとえばIPアドレスなどのグループ識別子により、所定のグループ#1などとして、サーバ14により識別されている。また、所定のグループ内においてクライアントは、本発明の好ましい実施の形態においてはピアツウピア接続で接続されたネットワーク22を構成しており、グループ内のクライアント相互の通信が可能とされている。

#### 【0030】

本発明において使用することができるサーバ14としては、パーソナル・コンピュータ、またはワークステーションから構成することが可能であり、このパーソナル・コンピュータ、またはワークステーションとしては、PENTIUM(登録商標)といったCPU、またはこれと互換性のあるCPUを搭載することができ、WINDOWS(登録商標)、WINDOWS(登録商標)NT(マイクロソフト・コーポレーション)、OS/2(商標:インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション)、AIX(商標:インターナショナル

・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション)、ユニックス、リナックスといったオペレーティング・システムを動作させることができが可能なパーソナル・コンピュータ、ワークステーションを挙げることができるが、これらのものに限定されるわけではない。

## 【0031】

また、本発明において使用することができるクライアント20としては、上述したサーバ14に適用することができるパーソナル・コンピュータ、またはワークステーションを挙げができる。また、本発明を適用することができるだけの処理速度があれば、クライアント20は、ワイヤレス・ネットワークを介して接続されたノートブック型パーソナル・コンピュータや、PDAなどを含んで構成することができる。

## 【0032】

図1に示した本発明のデジタル・コンテンツ配信システム10は、動画イメージ・データを複数のストリームへと分解し、1つのストリームをさらに複数のパケットへと分割して、サーバ14からパケットごとに所定のクライアント20へとソース・パケットとして送信する構成とされている。本発明においては、ストリームを構成するソース・パケットは、所与のグループに含まれる少なくとも1つのクライアントへと送信され、ソース・パケットを受信したクライアントが、所与のグループ内に含まれる他のクライアントへと、受信したソース・パケットのコピー（以下コピー・パケットとして参照する。）を送信する。コピー・パケットを受信した下流側クライアントは、所定の期間にわたりコピー・パケットを蓄積し、所定の期間経過後に、パケットに付されたたとえば連番として付されたパケット識別子を使用してストリームを再構成し、クライアントにおいてデジタル・コンテンツを表示または再生させる。すなわち、本発明においては、サーバ14は、1つのグループに対して重複したパケットをクライアントごとに送信すること無く、所定のグループに属するクライアントに対して同一のデジタル・コンテンツを提供することを可能とする。

## 【0033】

以下さらに、本発明のデジタル・コンテンツ配信システムおよびそのための

方法について詳細に説明する。

### 1. 静的パス木構造のパケット単位での一時的選択に基づく動的ルーティング

本発明においては、上述したように、サーバ14から1つのグループに含まれる、たとえば図2(a)のクライアントに対して、サーバ14をルートとし、ひとつのクライアント20aを中間ノードとして指定するパス木構造を構成する。図2には、本発明において構成されるパス木構造の概略を示す。図2に示されるように、構成された木構造のうちの1:1:(m-1)の木構造が、パケットの1つの送信パスを構成する。本明細書においては、説明の便宜上、パスは、サーバー中間ノードの第1段パスと、中間ノード-クライアントの第2段パスの2段階で形成されるものとし、2段を超えるリレーはないものとして説明する。

#### 【0034】

図2(a)に示されるように、サーバ14は、グループ内の1つのクライアント20aを中間ノードとして選択し、まず中間ノードとして選定されたクライアント20aに対してソース・パケットを送信する。ソース・パケットを受信した中間ノードとして機能するクライアント20aは、受信したパケットを、グループ内に含まれるクライアント20b~20dへと送信して、グループ内におけるパケットの共有を可能とする。また、本発明においては、中間ノードとされるクライアント20aは、図2(a)に示されているように1つとは限らず、各クライアントの実効スループットを、TCP/IPなどの接続指向のプロトコルのネットワーク12を介してサーバ14がモニタすることにより、動的に1つ、またはそれ以上のクライアントから選定することができる。本発明における中間ノードの選定については、より詳細に後述する。

#### 【0035】

図2(a)に示された各サーバ14から各クライアント20a~20dへのすべてのパス(木構造)を重ね合わせると、サーバ14から各クライアント20a~20dへと接続され、さらに所定のグループ内におけるクライアント間において双方向に接続する完全グラフを記述することができる。図2(b)には、図2(a)に示した特定の実施の形態において、サーバ14と、各クライアント20a~20eの間で形成される完全グラフの実施の形態を示す。図2(b)に示さ

れるように、パケット単位のパスの選択は、完全グラフからの部分木構造（パス木構造）の選択であると考えることができる。本発明によれば、クライアントのスループットに応じてパスを柔軟に選択することができるものなので、パス木構造において各クライアントは、他のクライアントの上流または下流へと動的に変更されることになる。

## 【0036】

図2(b)に示した本発明の特定の実施の形態における完全グラフを参照して本発明を説明すると、まず、サーバ14からクライアント20a～20eのグループに向けて、1ストリーム分のソース・パケットを重複パケット無く送信する。各クライアント20a～20eは、重複なくストリームの一部を構成するソースパケットを受信する。その後、同じグループに属するクライアントは、不足するパケットを、コピー・パケットとして相互にコピーすることにより、1ストリームを再構成するためのパケットの不足分を補い、1ストリームを回復する。本発明においては、上述したクライアントの機能を、ピアツウグループ(Peer-to-Group)型の配信として参考する。なお、それぞれのパケットには、ストリーミングのプロトコルにしたがって、通し番号がパケット識別子として予め付されており、各クライアントにおいて、不足したパケットおよびストリームにおけるパケット順序を回復することができる構成とされている。このための方法としては、これまで知られたいかなる方法でも用いることができるが、具体的にはたとえば、Schulzrinneらにより開示された方法を採用することができる(H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson. RFC 1889: RTP: A Transport Protocol for real-time applications, January 1996.)。

## 【0037】

図3には、上述したサーバ14からのソース・パケット送信およびグループ#1におけるクライアントのコピー・パケット送信の処理を概略的に示す。図3に示すように、サーバ14において取得された動画イメージ・データは、ストリーミングされ、複数のパケットに分割されており、それぞれのソース・パケットには、たとえば、P1～P5のパケット識別子が付されている。図3に示したソース・パケットのサイズは、本発明においては特に制限されるものではなく、いか

なるサイズにでもすることができる。ソース・パケットP1～P5へと分割されたストリーム24は、たとえば、インターネット、または異なるドメインに帰属されるLANやWANといった第1のネットワークを介してグループ#1へと送信される。

## 【0038】

図3に示した特定の実施の形態においては、後述するように、各クライアント20a～20eは、ほぼ同様のスループットを有しているものとされており、クライアント20a～20eをそれぞれ中間ノードとして選択し、クライアント20a～20eへとソース・パケットP1～P5を1パケットづつ送信しているのが示されている。

## 【0039】

ここで、パケットP1を受信したクライアント20aの機能について詳細に説明する。各クライアント20a～20eには、グループ#1に帰属されるクライアントに対応するメンバー・リストが含まれていて、メンバー・リストを参照して、グループ内において、たとえばこれまで知られたいかなるプロトコル、たとえばTCP/IP、UDP、プロミスキャスマードといった通信プロトコルにしたがって、たとえば同報通信を実行することにより、コピー・パケットを他のクライアント20b～20eへと送信する。また、本発明においては、コピー・パケットの送信に際しては、より確実に他のクライアントのそれぞれのIPアドレスに宛ててコピー・パケットを、ソース・パケット到着後直ちに、あるいは一定の時間間隔をもって送信することもできる。本発明において使用することができる送信方法は、所定のグループを構成するクライアントの数、コスト、信頼性などを考慮して適宜選択することができる。他のクライアント20b～20eは、クライアント20aからのコピー・パケットを受信して、受信バッファへとコピー・パケットを蓄積する。同様のコピー・パケットの送信は、クライアント20a以外にも、他のクライアント20b～20eも実行する。各クライアントは、たとえば1秒程度以下で、後続するストリームの処理に影響を与えないことが保証できる所定の期間だけ、受信バッファへとコピー・パケットを蓄積する。

## 【0040】

所定の期間が経過した後、クライアント20aの受信バッファには、パケット識別子に対応して受信バッファ内のアドレスを指定する実施の形態は、たとえば「P1 P2 P3 P4 P5」の順で1ストリーム分のソース・パケットが蓄積されることになる。クライアント20aは、所定の期間の間に蓄積されたパケットおよびコピー・パケットをFECデコーダ、ソース・デコーダなどを用いて1ストリーム分の動画イメージ・データを、「P1 P2 P3 P4 P5」として再構成することが可能となる。また、特に不都合が生じない限りにおいては、受信したパケットの順は、特に連番として蓄積するのではなく、受信した順に記録しておき、ソートして再構成することも可能である。

#### 【0041】

図4は、本発明において動的に中間ノードとなるクライアントが選択される場合の実施の形態を示した図である。本発明においてはサーバ14と、クライアント20とは、TCPといった接続指向の接続を使用してネットワークが構築されている。図4(a)に示すように、サーバ14は、より詳細には後述するように、各クライアントへのスループットをモニタして、スループットの大きさに応じて、確率的にクライアントを選択する。かならずしも、スループット最大のクライアントが、常に選択されるわけではない。そして、選ばれたクライアント20bを、第1の中間ノードとし、第1のソース・パケットP1を送信する。また、サーバ14は、クライアントのスループット変化を、たとえば数秒以下程度の頻度で継続的にモニタして、動的にその時点においてオーバーヘッドの少ないクライアントから中間ノードを選択する。たとえば図4(b)に示した実施の形態においては、その時点でクライアント20dが最もオーバーヘッドが小さく、このため中間ノードとしてサーバ14により選択され、ソース・パケット、たとえばソース・パケットP3を受信しているのが示されている。

#### 【0042】

上述した構成を採用することにより、本発明によれば、サーバ14が重複したパケットを、グループ#1を構成するクライアント分だけ送信することなく、1ストリーム分だけのソース・パケットとして送信するだけでグループ#1のすべてのクライアントに対してディジタル・コンテンツを保持させることができとな

る。すなわち、本発明は、従来ではグループ#1に含まれるクライアントへと送信する際のサーバ14への負荷集中を、ネットワーク全体に対して分散させることを可能とし、サーバ14を含むネットワークの効率を向上させることを可能と共に、ネットワークにおけるトラフィックのスケーラビリティを向上させることを可能とする。

## 【0043】

## 2. ネットワーク・スケーラビリティ

以下、本発明の構成における、サーバ14およびクライアント20の間における通信トラフィック量を検討する。本発明にしたがって、クライアント20aに対して送受信されるパケットのトラフィックを図5に示す。サーバ14から単位時間にnパケットが、各クライアントに対して均等に送信されるものと仮定する。n/mのソース・パケットがサーバ14からクライアント20aへと送出され、クライアント20aは、サーバ14から送出されたソース・パケットを受信する。パケットを受信したクライアントは、受信したソース・パケットをm-1のクライアントにリレーする（コピー・パケットの配信）。クライアント20aは、同時に、他のクライアントからコピー・パケットを受取るが、これは、ネットワーク上で見れば、他のクライアントから送出されるパケットと同一なので、クライアント1台あたり単位時間に  $(n/m + n/m \times (m-1)) = n$  パケットの通信が発生する。この通信トラフィック量は、従来のエッジ・サーバの構成を使用する従来例の場合と比べても、パケット数の増減はない。上述したパケットの送信量は、クライアントが、均等に選択されない場合でも成立する。

## 【0044】

次に、各クライアントが単位時間に入出力処理する必要のあるパケットの数は、均等選択の場合で、サーバ14からはn/m、他のクライアントからは、 $\{n/m \times (m-1)\}$  の、合計nパケットの入力と、n/mのソース・パケットをクライアントにリレーする  $\{n/m \times (m-1)\}$  パケットの出力なので、パケットの入出力処理数は、 $\{n \times (2m-1)/m\}$  [packets] で与えられる。したがって、最小 ( $m=1$ ) でnパケット、最大 ( $m \rightarrow \infty$ ) でも2nパケットを越えることはない。すなわち、クライアントの数が増大しても、各クライアントの負荷は2nパケット分の負

荷に漸近するばかりで、それ以上になることはなく、各クライアントにおいて負荷のオーバーフロー問題は生じない。一方、サーバ14では、 $m$ 台のクライアントのうち、パケットごとにクライアントひとつを選択する作業が必要となる。このクライアント選択処理は、クライアント数 $m$ に比例し、パケットの送信の数に関してはクライアントの数にまったく依存しない。したがって、クライアント数が増えた場合でも、本発明のデジタル・コンテンツ配信は、ネットワーク・スケーラビリティにおいて不都合は生じない。

## 【0045】

次いで、均等選択とは対極の場合、すなわち、ただ一つのクライアントのみがサーバ14からすべてのソース・パケットを受取る場合も本発明においては想定される。この場合であっても、クライアントに対しての入力パケット数は、ストリーム分であるがために従来の場合と変わらず、選択されたクライアントで $n$ ソース・パケットが入力される。また、ソース・パケットを受信したクライアントからのコピー・パケットの出力は、そのクライアントにおいてのみ $n \times m$ のパケット数となる。この場合には、選択されたクライアントのみが負荷が増大することになるものの、グループ内での同報通信量が増加するだけであり、サーバ14からグループへのデジタル・コンテンツの配信には重大な問題は生じない。さらに、本発明においては、上述した単一のクライアントのみにソースパケットが偏って送信されないよう、できるだけ均等選択に近くなるように、動的にバス木構造を選択することが好ましい。同時に動的にバス木構造を選択してネットワーク・システムを安定に保つための再構成を行うことも可能である。上述した動的バス木構造の選択については、より詳細には後述する。なお、選択の不均等性による送出パケットの局所的な増大を防ぐためには、コピー・パケットの送信速度の制限および送信処理の制限時間を設け、それを過ぎたパケットを破棄するなどして対応することが可能である。

## 【0046】

## 3. 動的選択（動的最適化）

本発明においてバス木構造は、クライアントのうち、どれか1つまたは複数を固定して静的に利用するのではなく、動的に選択される。バス木構造の選択におい

ては、

- (a) そのクライアントがパケットを受信する準備ができていること、
  - (b) サーバから見てround-trip time (RTT) の小さい、すなわち処理オーバーヘッドの小さいクライアントを中間ノードとして選択するパスを優先させること、
  - (c) パケットのコピー・レートの高いクライアントを中間ノードに持つパスを優先させること、
- に基づき、パケットを送信するパス木構造を動的に構成する。

#### 【0047】

上述した(a)の条件の確認処理は、TCPなどの接続指向の接続を利用して実現可能である。また、(b)において説明したRTTの測定には、サーバ14がソース・パケットを送出する場合に、例えばIPv4のフォーマットを使用して説明すると、送信パケットのIPヘッダ部分に時刻を記録しておき、ソース・パケットを受け取ったクライアントがIPヘッダ部のみをそのまま返送するなど、または別にアプリケーション・レベルで生成される独自ヘッダを使用して、独自ヘッダに時刻を記録し、この独自ヘッダをそのまま返信するなど、IPヘッダなどに記録された時刻とサーバが返送を受け取った時刻との差を利用する方法などを用いることができる。また、サーバ14がソース・パケットを送信した時刻を記憶しておき、クライアントからのレスポンス・パケットを受信して、レスポンス・パケットのIPヘッダの時刻を読み取って確認することもできる。

#### 【0048】

TCPを利用する場合には、その階層での再送処理にかかった分などを含めた時間、すなわちスループットがRTTに関連して観測される。なお、RTTの測定については、揺らぎを吸収するために、何回かの観測での平均を利用することもできる。

#### 【0049】

また、(c)において説明した条件であるコピー・レートは、中間クライアントから、その下流クライアントへパケットを送ることのできた成功率を利用する。コピー・レートが変動する原因は、TCPなどの接続指向のネットワークでは

- 、中間クライアントが時間制限のためにパケットを破棄する、などの場合がある。
- 。クライアント間がUDPで接続されている場合には、下流クライアントへのパケットの到達率より、コピー・レートを計算する。

#### 【0050】

上述した条件を満たすために、本発明の特定の実施の形態においては、条件(a)を満たしたクライアントについて、所定の割合でソース・パケットが送信されるように選択する。図6には、本発明において動的にクライアントを中間ノードとして選定する場合の概略図を示す。図6に示されるように、サーバ14は、クライアント20eを中間ノードとして選定し、ソース・パケットを送信している。クライアント20eは、たとえばサーバ14からのデジタル・コンテンツ配信開始に対応して、その時点で最も早くレスポンスを返したクライアントとして選定することができる。たとえば、クライアント20e以外のクライアントは、他の処理を実行しているか、所定のしきい値時間の間に応答をサーバ14へと返さなかった、またはクライアント20eよりもRTTがたとえば設定されたしきい値以上に遅かった、などの理由から中間ノードとして選定されていない。

#### 【0051】

図6に示される実施の形態では、クライアント20eは、サーバ14から見て充分な処理能力があるものと判断されて、ソース・パケットを受信する中間ノードとされている。ソース・パケットを受信したクライアント20eは、グループ#1内の他のクライアントへと、たとえば同報通信などを使用して、コピー・パケットを送信する。

#### 【0052】

本発明においては、さらに、最もRTTが小さかったクライアントを中間ノードとして選択する他、下記に説明するように、クライアント間にRTTに関連して割り当て重みを付与することができる。たとえば、本発明において最も好みしい実施の形態においては、採用することができる割り当て重みは、下記式に基づいて与えることができる。

#### 【0053】

## 【数1】

$$\text{ソース・パケットの割り当て重み} \propto \frac{t_k r_k}{\sum_{i=1}^m t_i r_i},$$

$t_k$ : スループット  $\propto 1 / \text{RTT}$   
 $r_k$ : コピー・レート

上式中、 $t_k r_k$ は、実質的なスループット、すなわち単位時間でクライアントが処理できるパケットの数に比例する。したがって、この割り当て方法は、実効スループットを最大化する、すなわち、安定性を最大化することが目標関数になっている。なお、本発明においては、上記条件をソース・パケットごとに適用することができる。また、本発明においては、ソース・パケットの割り当て重みは、所定の時間間隔で定期的に更新することができる。各時点でパケットを受信できないクライアントは、パス選択の候補からすでに除外されているので、割り当て重みに誤差があったとしても、ソース・パケットが喪失するような重大な状況は起こらない。また、本発明の他の実施の形態においてはRTTのみを使用して実効スループットを判断することもできる。

## 【0054】

## 4. 動的再構成

本発明はさらに、サーバが認識しているグループに対して新たなクライアントが追加された場合には、自動的に新たなクライアントの増加に対応することにより、ネットワーク構成の変化に対して柔軟に対応することを可能とする。

## 【0055】

図7には、本発明においてグループ#1に対して新たにクライアントが追加された場合のサーバ14の処理を示す。図7に示されるように、グループ#1内に新たなクライアント20fが追加されると、クライアント20fは、たとえば他のクライアントから入手したサーバ14のIPアドレスを使用して、サーバ14に対してJOIN requestを送信する。JOIN requestには、新たに参加したクライアント20fの取得した、または割り当てられたIPアドレスなどのクライアント識別子を含ませることができる。

## 【0056】

サーバ14は、JOIN requestを受け取って、サーバ14内に保持され、宛先リストとして使用されるグループ#1のクライアント・リストへと当該クライアント20fのクライアント識別子を追加する。図7に示した実施の形態においては、グループ#1に含まれるクライアント20a～20dへと新規クライアントの追加を通知する、NEW MEMBER notificationを、たとえば、グループ#1のIPアドレスに宛てた同報通信を使用して送出する。NEW MEMBER notificationを受信したグループ#1内のクライアント20a～20cは、メンバー・リストを更新し、コピー・パケットの配信先として登録する。

#### 【0057】

次いで、サーバ14は、新規に参加したクライアント20fに対して接続が完了したことを示すCONNECT requestを送信する。図7に示した実施の形態においては、CONNECT requestには、サーバ14が保持するグループ#1を構成するクライアントのメンバーに対応する、クライアント識別子を含ませることができる。クライアント20fは、CONNECT requestを受信して、メンバー・リストを更新する。なお、このためには、同一の出願人に帰属される、たとえば特願2002-088702号に記載された自動IPアドレス取得方法を使用することができる。上述した特願2002-088702号に開示の自動IPアドレス取得方法を使用することができる場合には、すでにメンバー・リストが各クライアント20a～20fに保持されているため、サーバ14からのNEW MEMBER notificationの送信は必要とされなくとも良い。

#### 【0058】

サーバ14は、上述した処理の後、デジタル・コンテンツの配信を行うためのパス木構造において新たに参加したクライアント20fを含んだパスを判断することが可能となる。本発明の特定の実施の形態においては、クライアント20fが参加した直後は、作成されているパス木構造の最下流にクライアント20fが追加され、他のクライアント20a～20cからコピー・パケットを取得する構成とすることができる。クライアント20fを含む新しいパス木構造は、RTTのモニタにおける所定の期間を経過した後のパス選択において構築される。

#### 【0059】

なお、本発明において、新たに参加したクライアント20fの性能は、初期段階では不明なので、たとえば下記式で示されるように、予め大きなRTTを初期値(large value)として付与しておき、ソース・パケットを受信する頻度を下げておくことができる。この判断においては、過去の実績の重みを漸次低下させる、いわゆる忘却要素(forgetting factor)を含ませた平均化を使用することができる。本発明においてはその後、新規参加のクライアントのいわゆる“実績”が明らかになった時点での動的構成方法を適用することが、ネットワークの安定性を確保する点では好ましく、また本発明の有効性をさらに向上させることができる。

## 【0060】

## 【数2】

$$\overline{RTT}_0 = \text{large value},$$

$$\overline{RTT}_i = \frac{1}{2}(\overline{RTT}_{i-1} + RTT_i) \quad (i = 1, 2, \dots)$$

図8には、新たに生成されたバス木新構造に基づいて新たに参加したクライアント20fに対して、サーバ14からソース・パケットが送信され、また他のクライアント20a～20cからコピー・パケットが、新たに参加したクライアント20fに対して送信されているのが示されている。

## 【0061】

また、本発明においては参加クライアントが離脱したときには、サーバ14は、接続指向のネットワークを介して、クライアントの離脱を知ることができる。なお、クライアントの異常終了であっても離脱は検出できるが、ネットワーク・ケーブルが外れるなどのケースでは、タイムアウトするまでそれを検出できないという事象が発生する。本発明においては、タイムアウトが発生する場合でも、動的選択のルール(受信可否の確認)により、ソース・パケットがそのクライアントに向けて送られることはないので、他のクライアントが受け取るパケットが一斉に失われるという不都合は発生しない。

## 【0062】

参加クライアントの離脱を認識したサーバ14は、当該クライアントが中間ノ

ードとされるバス木構造を直ちに破棄し、ソース・パケットの損失を防止する。グループ#1に残ったクライアントは、受信したソース・パケットをメンバー・リストにしたがって配信することもできるし、同報通信ベースでコピー・パケットを送信する場合には、グループ#1内の受信可能なクライアントすべてに向けてコピー・パケットを送信することもできる。また、残されたクライアントは、離脱クライアントと自分との間の接続を解消することにより、バス木構造すべての最下流から、離脱クライアントを削除することができる。

#### 【0063】

また、離脱したクライアントに送ったソース・パケットのいくつかが、リレーされずに離脱とともに破棄されることがある。このような、クライアント離脱に伴うパケット喪失を防ぐためには、サーバ14が、各クライアントに送ったパケットについて時間的に新しいものをいくつか記録しておき、離脱クライアントが検出された時点で、それに送った分を、他のクライアントに再送する処理を用いることができる。

#### 【0064】

本発明においては、上述した構成を採用することにより、サーバおよびクライアントが、自動的にバス木構造の追加や削除、局所的な変更により、クライアント参加離脱によるグループの再編成を行い、また、最近送信したパケットを記録して必要に応じて再送することにより、突然の離脱に起因するパケット喪失を防ぐことを可能とする。

#### 【0065】

図9は、本発明において説明したクライアント20の構成を示した機能ブロック図である。クライアント20は、ネットワーク・インターフェイス・カード(NIC)30を介して、第2のネットワーク22へと接続されている。クライアント20は、さらに、受信バッファ32と、メモリ34と、RAMといったメモリ36とを含んで構成されている。受信バッファ32は、受信したソース・パケットおよびコピー・パケットを、動画イメージ・データのストリームを再構成するまでの間保持している。

#### 【0066】

本発明においては、受信バッファ32は、受信したパケットを受信することにパケット識別子に対応したアドレスに受信したパケットを書き込みを行う、リングバッファとして構成することができる。また、クライアント20は、中央処理装置(CPU)36と、ソース・デコーダ38と、FECデコーダ40とを含んで構成されている。ただし、本発明においてはFECデコーダは、必ずしも必要ではない。CPU36は、クロックにより駆動されており、受信バッファ32において所定期間ごとに蓄積されたパケットを読み出してソース・デコーダ38およびFECデコーダ40へと送り、1ストリーム分の動画イメージ・データを再構成している。再構成された1ストリーム分の動画イメージ・データは、ディスプレイ42へと表示または再生され、クライアントのユーザに対して提供される。

#### 【0067】

ユーザに対して表示または再生された動画イメージ・データは、クライアント20から削除することもできるし、また、デジタル・コンテンツの開始から終了までの全ストリームをメモリ34に保持させておき、ハードディスク、光磁気ディスク、磁気テープといった記憶装置44に記憶させておくこともできる。記憶装置44には、たとえばグループ#1を構成するクライアントを識別するためのクライアント識別子を含んで構成されたメンバー・リストも保持させることができる。メンバー・リストは、クライアントの起動時に記憶装置44からクライアントのメモリ36などに読み込まれ、常駐ファイルとして保持される。図9に示したクライアントが、ソース・パケットを受信した場合には、クライアント20は、メンバー・リストを参照してコピー・パケットを配信する宛先を指定する。また、クライアント20がコピー・パケットを、TCP/IPプロトコルにしたがい、たとえばIPv4のフォーマットで宛先をabc.def.ghi.255などとして同報通信する場合には、上述したメンバー・リストを直接参照する必要はない。

#### 【0068】

図10は、本発明のサーバ14の構成を示した図である。図10に示されたサーバ14は、ネットワーク12に対して、モデム、DSU、またはネットワーク・インターフェイス・カードといった通信手段46を介して接続されており、図示

しないクライアントへとデジタル・コンテンツを配信している。以下、本発明のサーバ14の機能につき、デジタル・コンテンツの取り込みから順に説明する。

## 【0069】

図10に示したサーバ14には、デジタル・ビデオカメラといった撮像手段48が接続されており、デジタル・コンテンツとして配信することを希望する、たとえば、番組、講演会、挨拶、教育プログラムなどが、記録媒体にデジタルデータとして収録されている。収録されたデジタル・データは、適切なインターフェイスを介してサーバ14へと取り込まれ、たとえば記憶装置50に保持される。本発明におけるデジタル・データとしては、上述した動画イメージ・データを含む、マルチメディア・データとして構成することが好ましい。デジタル・コンテンツをクライアントへと送信する場合には、まず、CPU52が、記憶装置50からデジタル・コンテンツを読み出し、読み出されたデジタル・コンテンツをソース・エンコーダ54およびFECエンコーダ56へと送る。デジタル・データを受信したソース・エンコーダ54およびFECエンコーダ56は、デジタル・データに対してストリーミング処理を施し、さらに1ストリームを所定のサイズのパケット、たとえばパケットP1～P5に分割する。生成されたパケットP1～P5は、通信手段46を介して、たとえばグループ#1へとデジタル・コンテンツを配信する。

## 【0070】

サーバ14とクライアント20との間には、接続指向のネットワーク・プロトコルが確立されているので、すでにRTTがモニタされ、少なくともRTTに応じた重みが割り当てられており、割り当て重みに対応してクライアントが中間ノードとして選択されている。サーバ14は、選択された中間ノードとしてのクライアントに対して、ソース・パケットを送信し、デジタル・コンテンツの配信を実行する。図11には、本発明において使用することができるソース・パケット58の実施の形態の構成を、IPヘッダを使用して示した場合について説明する。図11(a)に示すように、サーバ14から送信されるソース・パケット58には、たとえばIPヘッダ58aを含んで構成され、IPヘッダ58aは、送信

元アドレスや、宛先アドレス58bを含んで構成されている。さらに、ソース・パケット58は、配信を行うディジタル・データのパケット58cと、連番として付されたパケット識別子58d、たとえばP1と、ソース・パケットを送信した送信時刻58eなどが含まれている。本発明においては、上述したパケット58cと、パケット識別子58dと、送信時刻58eとを、アプリケーション・レベルで作成する独自パケットとして構成することができる。また、IPヘッダ58aには、IPバージョン情報と、送信元IPアドレスなどが含まれていて、クライアントからの返信に基づいて、サーバ14がRTTを判断することができる構成とされている。図11(a)に示したソース・パケット58をクライアントへと送信する際には、サーバ14は、ソース・パケット、たとえばP1を送信した時刻をタイマなどによりモニタしておくこともできる。

#### 【0071】

ソース・パケットP1を受信したクライアントからのレスポンス・パケットは、ネットワーク12を介してサーバ14へと返信され、サーバ14内の適切な記憶部にいったん蓄積されて、クライアントがレスポンス・パケットを送信した時間を、たとえばレスポンス・パケットに付された送信時刻などに記録された時刻から読み出す。図11(b)には、クライアントからのレスポンス・パケット60の構成の実施の形態を示す。図11(b)に示されるように、レスポンス・パケット60は、IPヘッダ60aを含み、このIPヘッダ60aは、上述のように送信元アドレスや、宛先アドレス60bを含んでいる。さらにレスポンス・パケット60は、受信したディジタル・データのパケット識別子60cと、レスポンス・パケット60をクライアントが発行した時刻60dと、ソース・パケットP1を送信したパケットの送信時刻58eとを含んで構成されている。IPヘッダ60aには、クライアントがレスポンス・パケット60を送信した時刻や、送信元クライアントの送信元IPアドレスなどが記録されている。

#### 【0072】

本発明においては、サーバ14がレスポンス・パケット60を受信すると、ソース・パケット58と、レスポンス・パケット60とに共通して含まれる識別子、図11に示した実施の形態では、パケット識別子のP1を使用してソース・パ

ケット54の受信に対応したレスポンス・パケットであることを判断し、本発明の特定の実施の形態においては、送信時刻58eと、発行時刻60eとを使用してRTTを算出し、1/RTTおよびコピー・レートとを使用してクライアントの実効スループットを判断する。判断された実効スループットは、たとえば一定期間平均化された後、図12に示すクライアント・リストを更新するために使用される。また、本発明の他の実施の形態においては、IPヘッダに時刻が記録されている場合には、IPヘッダに記録された時刻を直接用いることもできる。

#### 【0073】

図12は、本発明においてサーバ14が使用するクライアント・リスト62の実施の形態を示した図である。図12に示したクライアント・リスト62は、サーバ14がデジタル・コンテンツを配信する際に登録されているグループ識別子62aと、所与のグループに含まれるクライアントのクライアント・アドレス62bと、所定期間平均された実効スループット62cとを含んで構成されている。グループ識別子62aは、たとえばデジタル・コンテンツの配信を行う場合に、テレビ放送局、衛星放送局、イベント・プロバイダといったコンテンツ・プロバイダが、ユーザからの登録などにより作成することができる。また、特にコンテンツ・プロバイダではなく、サーバ14が企業、行政機関、法務機関、立法機関、教育機関、図書館などのインターネットを介してデジタル・コンテンツを配信する場合には、各企業または機関のグループごとに割り当てられている、たとえばIPアドレスなどを使用することができる。

#### 【0074】

また、クライアント・アドレス62bは、本発明の特定の実施の形態においては、特定のグループに割り当てられたIPアドレスなどを使用することができる。図12に示された実効スループット62cは、上述した割り当て重み付けのために使用される本発明における本質的なパラメータである。本発明においては、上述した重み付けは、不必要的変動を防止してパス木構造の安定化を行いネットワークの安定性・信頼性を確保すると共に、クライアントの脱離や、参加、または処理状況に応じたオーバーヘッドの変動に対して柔軟に対応するべく、たとえば1秒程度の時間間隔に渡って平均化され、実効スループットとして定期的に更

新されている。図12に示した実効スループット62cは、たとえばグループ#1に含まれるクライアント20a～20eに対応した値が、#1Ta～#1Teとして示されている。

## 【0075】

ここで、たとえば中間ノードとして#1Tbと、#1Tcとが選択され、割り当て重みが3：2であるものと仮定すると、図13に示したパス木構造が、サーバ14において形成される。サーバ14は、クライアント20bとクライアント20cとに対して、重み付けに応じてたとえばソース・パケットP1～P3までをクライアント20bに送信し、クライアント20cに、ソース・パケットP4，P5を送信する。送信されたソース・パケットは、中間ノードとして選択されたクライアント20b、20cから、グループ#1に含まれる他のクライアントへとコピー・パケットcP1～cP5として送信され、それぞれのクライアントの受信バッファに蓄積され、所定の時間蓄積された後、1ストリーム分を再構成するために使用される。なお、本発明の他の実施の形態においては、送信されるソース・パケットの数を他のいかなる比として中間ノードへと送信することもできる。

## 【0076】

図14は、本発明のデジタル・コンテンツ配信システムの第2の実施の形態を示した図である。図14に示したデジタル・コンテンツ配信システムは、デジタル・コンテンツを生成するためのソース・サーバ64と、ソース・サーバ64に保持され、ストリーミング処理が施されたデジタル・データを抽出して保持するドレイン・サーバ66と、ネットワーク12を介して接続されたグループG#1、G#2、G#3とを含んで構成されている。各グループに含まれたクライアントは、本発明にしたがって中間ノードとして選択され、デジタル・コンテンツのグループ内における配信を行う構成とされている。

## 【0077】

図15は、図14に示したソース・サーバ64およびクライアントの構成を示したブロック図である。図15(a)に示すように、ソース・サーバでは、生成されたデジタル・データからソース・デコーダ64aおよびFECエンコーダ

64 bとを使用してストリーミングされたデジタル・コンテンツを生成する。生成されたパケットは、ドレイン・サーバ66へと送信され、ドレイン・サーバ66において本発明に必要なn個のソース・パケットに編集され、ネットワーク12を介してクライアントへと送信を行っている。また、図15(b)には、クライアント側の構成および処理が示されている。クライアント20は、コピー・パケットを受信し、所定の期間蓄積した後、FECデコーダ38およびソース・デコーダ40を使用して1ストリーム分のデジタル・コンテンツを再構築し、ユーザに提供している。同時に中間ノードとして選択されたクラアイアント20aは、受信したソース・パケットをコピーしてコピー・パケットとして他のクライアントへと送信している。

## 【0078】

図16は、本発明のサーバと、クライアントとの間のソース・パケットの通信を、時系列的に示した図である。サーバから送り出されるソース・パケットは、一定のインターバルでいずれかのクライアントに向けて送出される。パケットを受け取ったクライアントは、サーバに、レスポンス・パケットAck(acknowledgment)を返す。クライアントは、定期的（たとえば1秒おき）に、コピーの成功率（コピー・レート）をサーバに報告する構成とされている。上述したように、パケットを送り出した時刻から、サーバがAckを受け取るまでの時間をRTT(Round-Trip Time)としてバス木構造における中間ノードの、割り当て重みを決定するために用いられる。

## 【0079】

図17は、本発明において中間ノードとして選択されたクライアント間におけるソース・パケットおよびコピー・パケットの送信を各クライアントおよびサーバの間ににおいて時系列的に示した図である。サーバからソース・パケットP1およびP2を受け取ったクライアントaは、同一グループのクライアントbにパケットP1およびP2のコピー・パケット#1および#2を送信する。そのコピーの成功率（コピー・レート）は、定期的にサーバに報告される。また、サーバは、パケットP3をクライアントbへと送り、クライアントbが、コピー・パケット#3をクライアントaへと送信している。クライアントaは、この時点ではパケッ

トP1～P3を受信バッファ内に保持しており、順次上述したプロセスが繰り返されて、1ストリーム分のパケットとが蓄積される。

## 【0080】

図18は、本発明のクライアントの処理を示したフローチャートである。中間ノードとして選択されたクライアントは、常時ソース・パケットの着信を待機する状態とされており、ステップS100において、パケットの着信をモニタしている。パケットが着信すると、ステップS102においてパケット識別子から受信バッファにおける格納位置を計算する。ステップS104においてバッファ該当位置が空か否かを判断し、空の場合（yes）には、まだ該当する番号のパケットが着信していないので、ステップS112において受信バッファの該当する位置に着信したパケットを書き込む。次いで、ステップS114において、受信したパケットがソース・パケットか否かを、例えばソース・パケットの着信は、IPヘッダに含まれる送信元アドレスを使用して判断する。ソース・パケットが着信した場合（yes）には、ステップS116へと進みグループ内の他のクライアントに対して送信を行うためにコピー処理の予約を行う。コピー処理の予約は、例えば受信したパケットのコピーを適切なFIFOバッファに対して登録するなどして行うことができる。コピー処理の予約を終了すると、ステップS100へと戻り、パケットの着信を待機する。

## 【0081】

一方で、ステップS104の判断において対応するバッファ・アドレスが空でない場合（no）には、すでに当該パケット識別子のパケットが着信しているので、ステップS106において、当該識別子のパケットがコピー処理に予約されているか否かを判断する。予約登録されている場合（yes）には、上書きしてソース・パケットを消去してしまうことになるので、ステップS108において予約登録を削除し、ステップS110においてコピー失敗カウンタをインクリメントし、ステップS112において該当するバッファ位置にその時点で受信しているパケットを上書きする。これは、クライアント側が、ソース・パケットのコピーを送信する前に後続するパケットが到着することに対応し、パケットの消滅に該当する。ステップS106の判断において、コピー処理に予約登録されてい

ない場合（n o）には、ステップS112へと進んで、コピー・パケットなので該当するバッファ・アドレスにパケットを上書きし、ステップS114～ステップS100の処理を繰り返す。

#### 【0082】

図19（a）は、本発明におけるコピー処理のフローチャートを示した図である。図19に示したコピー処理は、ステップS120において、コピー処理を必要とするソース・パケットが登録されるまで待機する。ソース・パケットが登録されると、ステップS122において登録されたパケット、例えば説明している実施の形態においてFIFOバッファを使用して登録している場合には、先に登録されたパケットを選択し、ステップS124において他のクライアントへとコピー・パケットとして同報通信するか、または宛先IPアドレスを参照して他のクライアントに個別に送信する。その後、ステップS128においてコピー成功カウンタをインクリメントし、ステップS120へと戻って待機する。上述したコピー成功カウンタの（コピー成功カウンタ+コピー失敗カウンタ）に対する割合は、コピー・レートとしてサーバへと送信され、低すぎる場合には、再度1ストリーム分のパケットを送信し直すなどの処理により失われたパケットにより生じるディジタル・コンテンツ配信における不都合を防止することができる構成とされている。

#### 【0083】

図19（b）は、予期せぬクライアントの脱離が発生した場合や、該当するクライアントに重大な障害があることを検出した場合のサーバの処理を示したフローチャートである。サーバは、ステップS130において、RTTおよびコピー・レートを介して常にクライアントの実効スループットをモニタしており、例えば所定のしきい値時間の間にレスポンス・パケットを受信しない場合には、クライアントが脱離または障害が発生したものと判断する。サーバは、その後ステップS132へと進み、該当するクライアントに対して送信したソース・パケットのうち、所定のしきい値に相当する期間内に送信したソース・パケットを選択し、サーバの送出ソース・パケット・リストの先頭に再度登録し、他のクライアントへと再度登録されたソース・パケットを送信することで、ソース・パケットの

消滅を防止する構成とされている。

#### 【0084】

図20は、本発明のデジタル・コンテンツ配信システムのより具体的な他の実施の形態を示した図である。図20に示した実施の形態は、具体的には、本発明を事業所内インターネットを使った、講演会などの社内放送に対して適用する場合の実施の形態である。図20に示した実施の形態においては、事業所内のインターネットは、各セクションに配置されるエンド・ルータ70を、イーサネット（登録商標）またはファイバチャネルなどのネットワーク72によりにより、バックボーン・ルータ74を使用して接続する構成である。エンド・ルータ70の下には、例えば100台程度のパーソナル・コンピュータから構成されたクライアント20が、ピアツウピア接続されて、第2のネットワーク76を構成している。図20において説明する実施の形態においては、クライアント20は、ネットワーク全体で約3000台規模のネットワークを構成している。図20に示した構成でたとえばサーバ78がパケットを全クライアントに送信したものとすると、バックボーン・ルータ74として例えば1 Gbpsのバンド幅のバックボーン・ルータを使用しても、8Mbpsの送信速度を必要とする動画イメージ・データのスムースな送信はできず、例えばデジタル・バーサタイル・ディスク（DVD）程度でのデジタル・コンテンツの配信は、従来の方法では不可能である。本発明のパケット重複回避を用いない場合には、クライアント100台の場合であっても、ユーザは、リアルタイムにデジタル・コンテンツの配信をうけることができない。

#### 【0085】

このシステムに対して、本発明を適用することにより、クライアント20は、例えば100Mbpsのイーサネット（登録商標）でクライアントが、同一のスイッチング・ハブにより第2のネットワークを形成しているものとすれば、クライアント間のピアツウピア接続による通信速度は、40～50Mbpsのスループットが期待されるので、例えばMPEG4において8Mbpsの送受信に問題はない。一方、クライアントが異なるエンド・ルータに接続している場合には、異なるグループに分けたほうが効率的となる。ただし、その場合、サーバ78は、

グループの数だけストリームを送信することになる。100台のPCを配下に接続するエンド・ルータが30台ある場合には、各エンド・ルータごとにグループを割り当てることができる。

## 【0086】

この場合には、バックボーン・ルータ74に直接接続しているサーバ78からは30ストリーム分を240Mbpsの消費で送信することになる。図20に示した実施の形態においては、エンド・ルータ70の下でグループ化されるパソコン・コンピュータは、クライアント20として、講演会の映像や音声受信に、常時参加でき、また離脱できる。また、相対的にパフォーマンスの低いクライアントは、パケット送信におけるバス木構造の下流側へと常時配置され、他のクライアントへの悪影響を回避することができる。なお、このときサーバは、300台のクライアントをバスの選択対象として管理することになるが、1台のサーバで充分にデジタル・コンテンツのリアルタイム配信を行うことが可能であった。

## 【0087】

図21は、本発明の具体的なさらに他の実施の形態を示した図であり、インターネット上に配置されたサーバ14からの、複数クライアント20でデジタル・コンテンツを同時に受信する実施の形態を、本発明にしたがって実行するものである。図21に示した実施の形態においては、インターネットが第1のネットワーク12を形成し、第2のネットワーク22は、例えばルータ16を介してインターネットへと接続されたイントラネットに相当する。インターネットから見れば、事業所内のイントラネットは帯域幅が広く、スループットの揺らぎの小さい、よく管理されたネットワークといえる。インターネットにサーバ14が配置された場合、イントラネットに属するクライアントでグループを構成すれば、インターネット上でのパケット重複を防ぎ、また、特別なエッジ・サーバなしで、たとえば1Mbpsの動画イメージ・データ映像の同時受信ができる。図21に示した場合には、クライアントに対して要求される通信速度は、2Mbpsの性能があればよいことが確認できた。

## 【0088】

図22は、ワイヤレスネットワーク上のサーバに対して、負荷軽減を可能とする、本発明のさらに別の実施の形態を示した図である。図22に示した本発明の実施の形態では、サーバ14での処理は、グループの数に応じたストリームの送信とパスの動的選択だけなので、従来の比較してサーバに対して加えられるオーバーヘッドは、小さくてすむことになる。たとえば、MPEG2、MPEG4の再生の方がCPU資源を非常に多く必要とするので、サーバ14よりクライアント20の方に負担が大きくなることもある。また、サーバ14からクライアント20で構成するグループまでは、1ストリームだけの送信なので、ワイヤレス・ネットワーク上に配置され、かつCPU資源の小さいサーバ14からでも、ワイヤレス・ネットワーク上で接続されたインターネット上に位置する複数クライアントに向けて、たとえば384kbpsでMPEG4のストリームを同時配信することが可能となる。

#### 【0089】

上述したように、本発明によれば、1対多数のデジタルメディア配信において、パケット単位での動的なパスの最適化により、系はクライアントの参加や離脱の影響を受けにくくなり、クライアントはいつでも参加あるいは離脱できる。また、異常終了による離脱やケーブルの断線などにも系は影響を受けにくく、安定性を向上させることができる。さらに、クライアントでの負担は基本的には均等に分散していて、グループ全体として受信機能が働くので（分散協調性）、特別な補助サーバを必要としない。これにより、自律性の観点から指摘されているような、ネットワークシステムの複雑化を避けて、メンテナンスの容易な単純なシステム構成にすることができる。

#### 【0090】

また、クライアントの参加離脱を反映する更新処理を局所化して、そのオーバーヘッドを常に小さくすることなどにより、サーバの負担を大幅に減らし、クライアントと同等あるいはそれ以下の資源しか許されない計算機でも、サーバとして機能させることができる。

#### 【0091】

なお、本発明においては、IPマルチキャストやアプリケーションレベル・

マルチキャストによりもたらされる利点、たとえば、パケットが重複しないように配信してネットワークを効率的に利用し混雑を回避することや、ネットワーク層でのコストのかかる置き換え作業を必要としないことなどの性質は損なうことなく、そのまま受け継いでおり、優れたディジタル・コンテンツ配信を行うことが可能となる。また、本発明においては第2のネットワークは、たとえばプリンタ・サーバ、メール・サーバ、アプライアンス・サーバなど、サーバを含んで構成されていても良い。

## 【0092】

これまで本発明を図面に記載した具体的な実施の形態をもって説明してきたが、本発明は、上述した特定の実施の形態に制限されるものではなく、種々の変更例および他の実施の形態であっても、本発明の効果を奏する範囲において、これまで知られたいかなる構成要素であっても用いることができる。

## 【図面の簡単な説明】

- 【図1】 本発明のディジタル・コンテンツ配信システムを示した概略図。
- 【図2】 本発明において構成されるパス木構造の概略図。
- 【図3】 サーバからのソース・パケット送信およびクライアントのコピー・パケット送信の処理を概略的に示した図。
- 【図4】 本発明において動的に中間ノードとなるクライアントが選択される場合の実施の形態を示した図。
- 【図5】 本発明にしたがって、クライアントに対して送受信されるパケットのトラフィックを示した図。
- 【図6】 本発明において動的にクライアントを中間ノードとして選定する場合の概略図。
- 【図7】 本発明においてグループ#1に対して新たにクライアントが追加された場合のサーバの処理を示した図。
- 【図8】 新たに生成されたパス木新構造に基づいて新たに参加したクライアントに対しての処理を示した図。
- 【図9】 本発明におけるクライアントの構成を示した機能ブロック図。
- 【図10】 本発明のサーバの構成を示した機能ブロック図。

【図11】 本発明において使用することができるソース・パケットの実施の形態を示した図。

【図12】 本発明においてサーバが使用するクライアント・リストの実施の形態を示した図。

【図13】 サーバが選択する本発明のパス木構造の実施の形態を示した図。

【図14】 本発明のディジタル・コンテンツ配信システムの第2の実施の形態を示した図。

【図15】 図14に示したソース・サーバおよびクライアントの構成を示したブロック図。

【図16】 本発明のサーバと、クライアントとの間のソース・パケットの通信を、時系列的に示した図。

【図17】 本発明において中間ノードとして選択されたクライアント間におけるソース・パケットおよびコピー・パケットの送信を各クライアントおよびサーバの間において時系列的に示した図。

【図18】 本発明のクライアントの処理を示したフローチャート。

【図19】 (a) は、本発明におけるコピー処理のフローチャートであり、(b) は、予期せぬクライアントの脱離が発生した場合や、該当するクライアントに重大な障害があることを検出した場合のサーバの処理を示したフローチャート

【図20】 本発明のディジタル・コンテンツ配信システムの他の実施の形態を示した図。

【図21】 本発明のディジタル・コンテンツ配信システムのさらに他の実施の形態を示した図。

【図22】 ワイヤレスネットワーク上のサーバに対して、負荷軽減を可能とする、本発明のさらに別の実施の形態を示した図。

【図23】 従来のIPマルチキャスト方式の概略図。

【図24】 従来のアプリケーションレベル・マルチキャスト方式を使用したディジタル・コンテンツの配信の概略図。

【図25】 クライアントをエッジ・サーバに接続させる従来の構成のディジタル

ル・コンテンツ配信システムの概略図。

【符号の説明】

10 … ディジタル・コンテンツ配信システム

12 … 第1のネットワーク

14 … サーバ

16 … ルータ

18 … スイッチング・ハブ

20 … クライアント

22 … 第2のネットワーク

30 … N I C

32 … 受信バッファ

34 … メモリ

36 … C P U

38 … F E C デコーダ

40 … ソース・デコーダ

42 … ディスプレイ

44 … 記憶装置

46 … 通信手段

48 … 撮像手段

50 … 記憶装置

52 … C P U

54 … ソース・エンコーダ

56 … F E C エンコーダ

58 … ソース・パケット

60 … レスポンス・パケット

62 … クライアント・リスト

64 … ソース・サーバ

66 … ドレイン・サーバ

70 … エンド・ルータ

72…第1のネットワーク

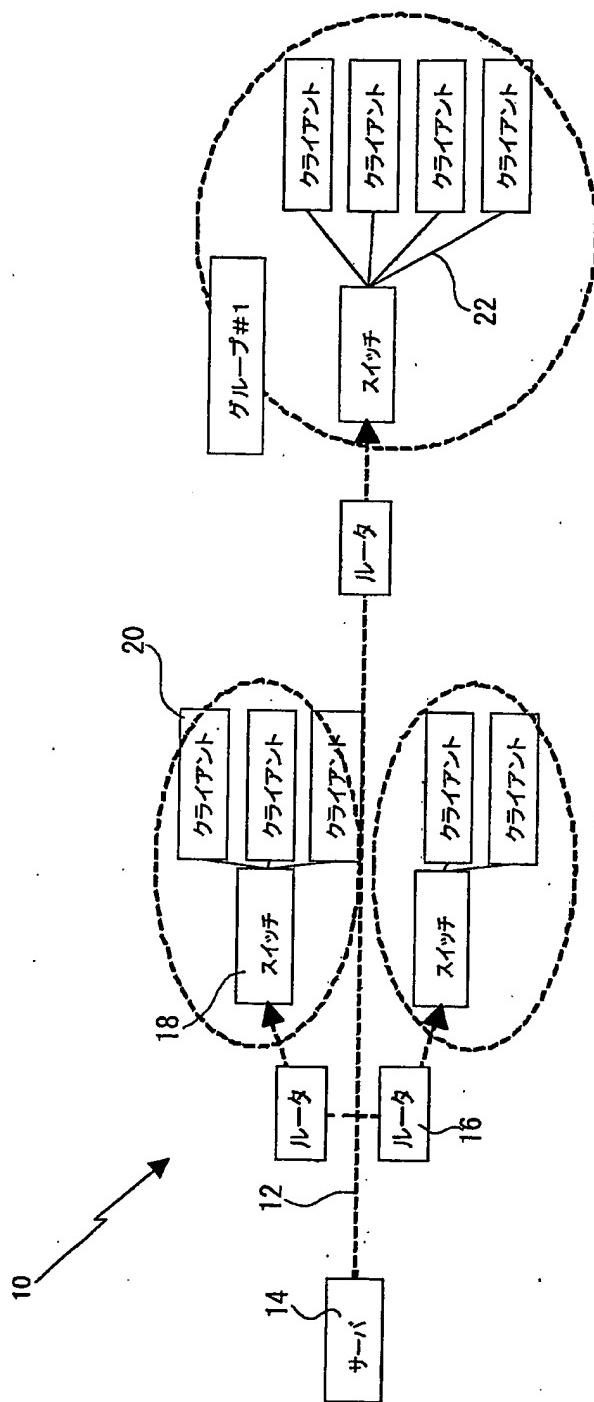
74…バックボーン・ルータ

76…第2のネットワーク

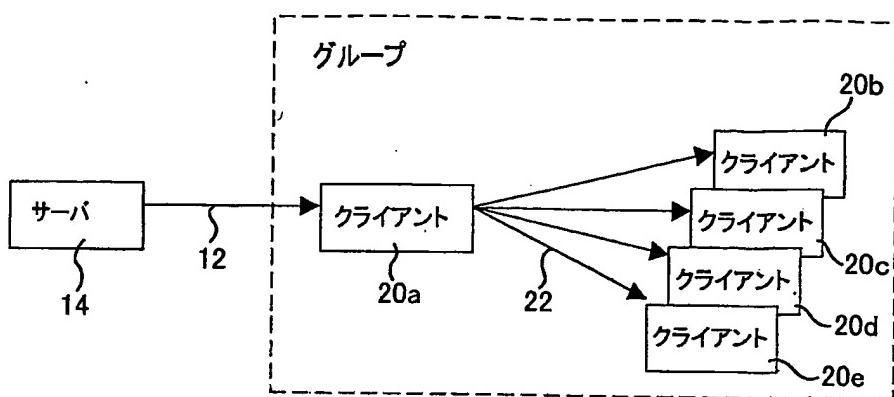
78…サーバ

【書類名】 図面

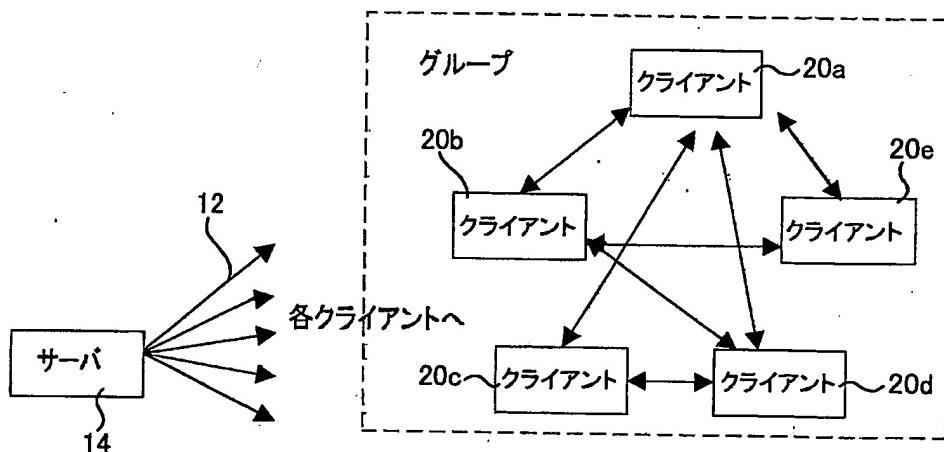
【図1】



【図2】

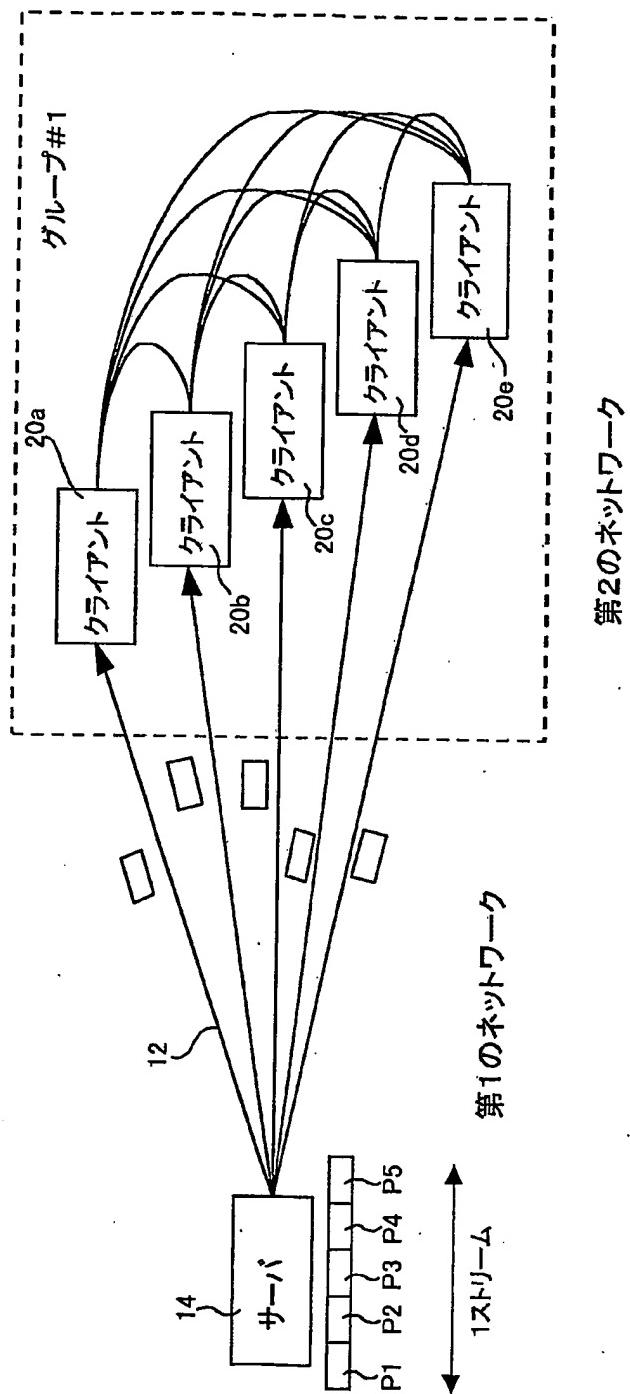


(a)

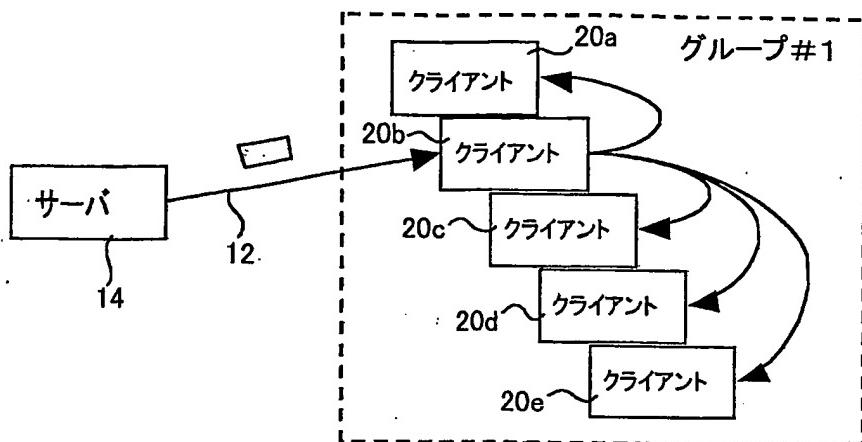


(b)

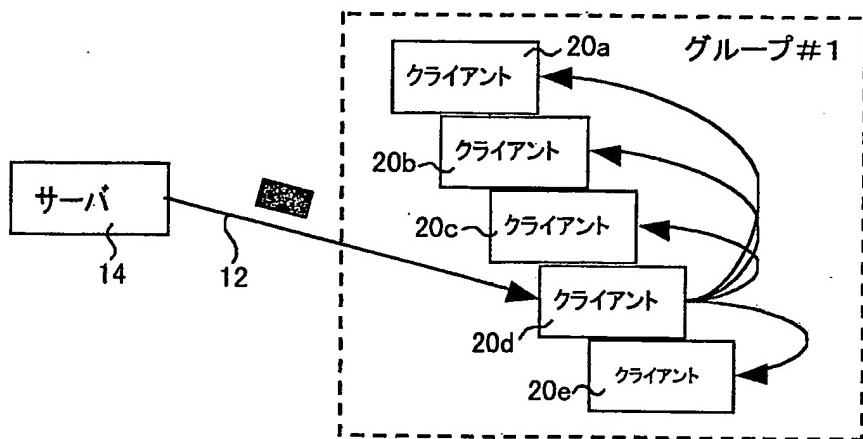
【図3】



【図4】

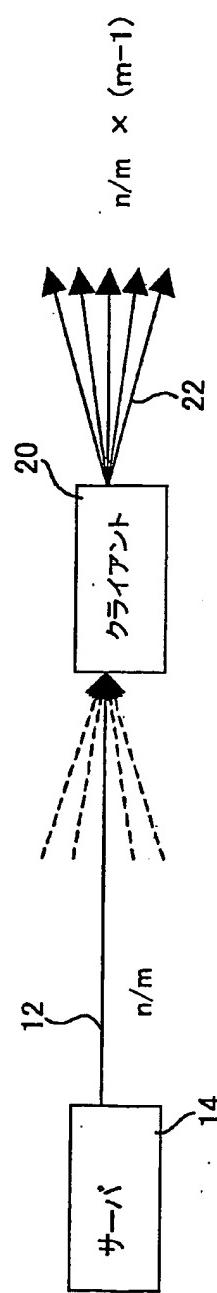


(a)

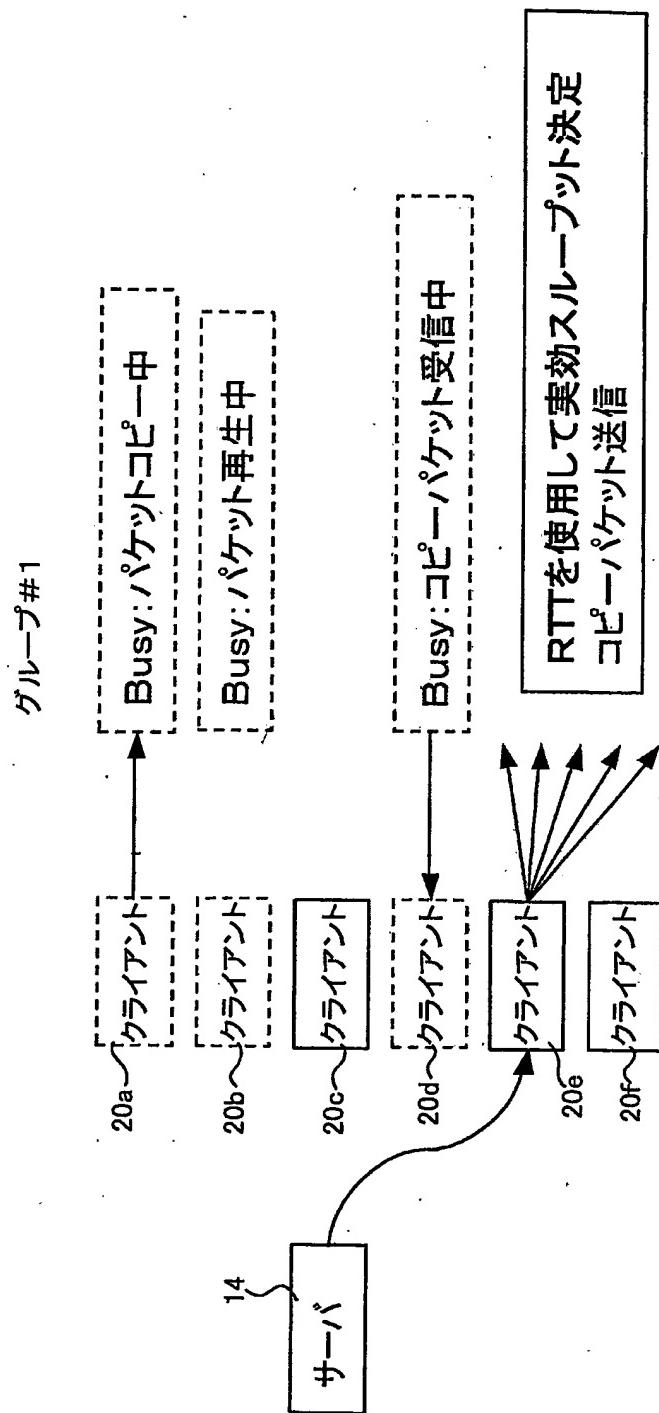


(b)

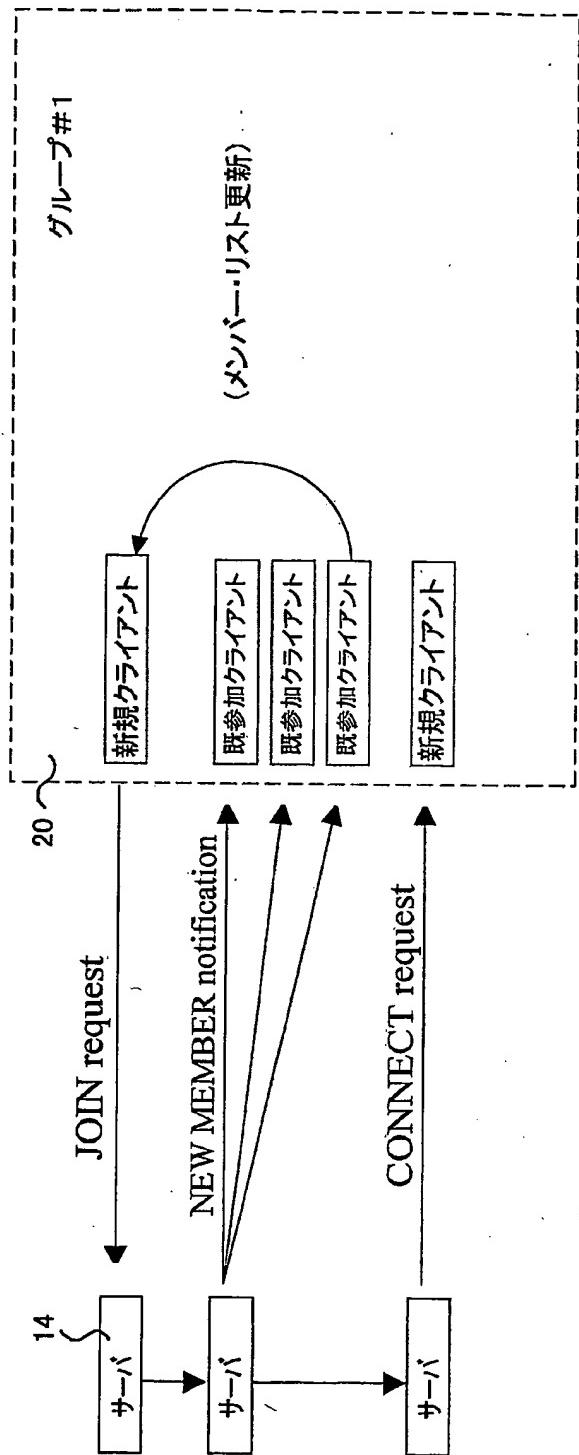
【図5】



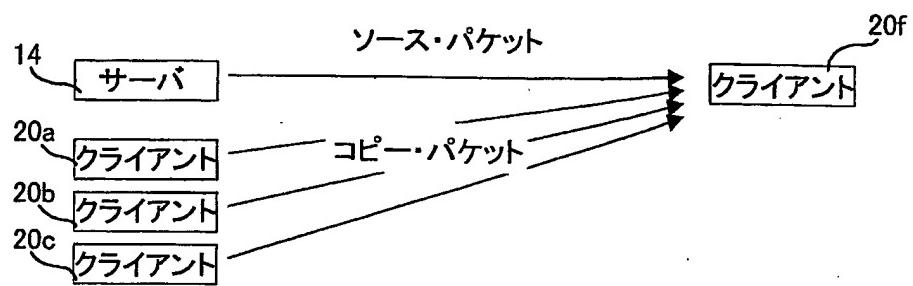
【図6】



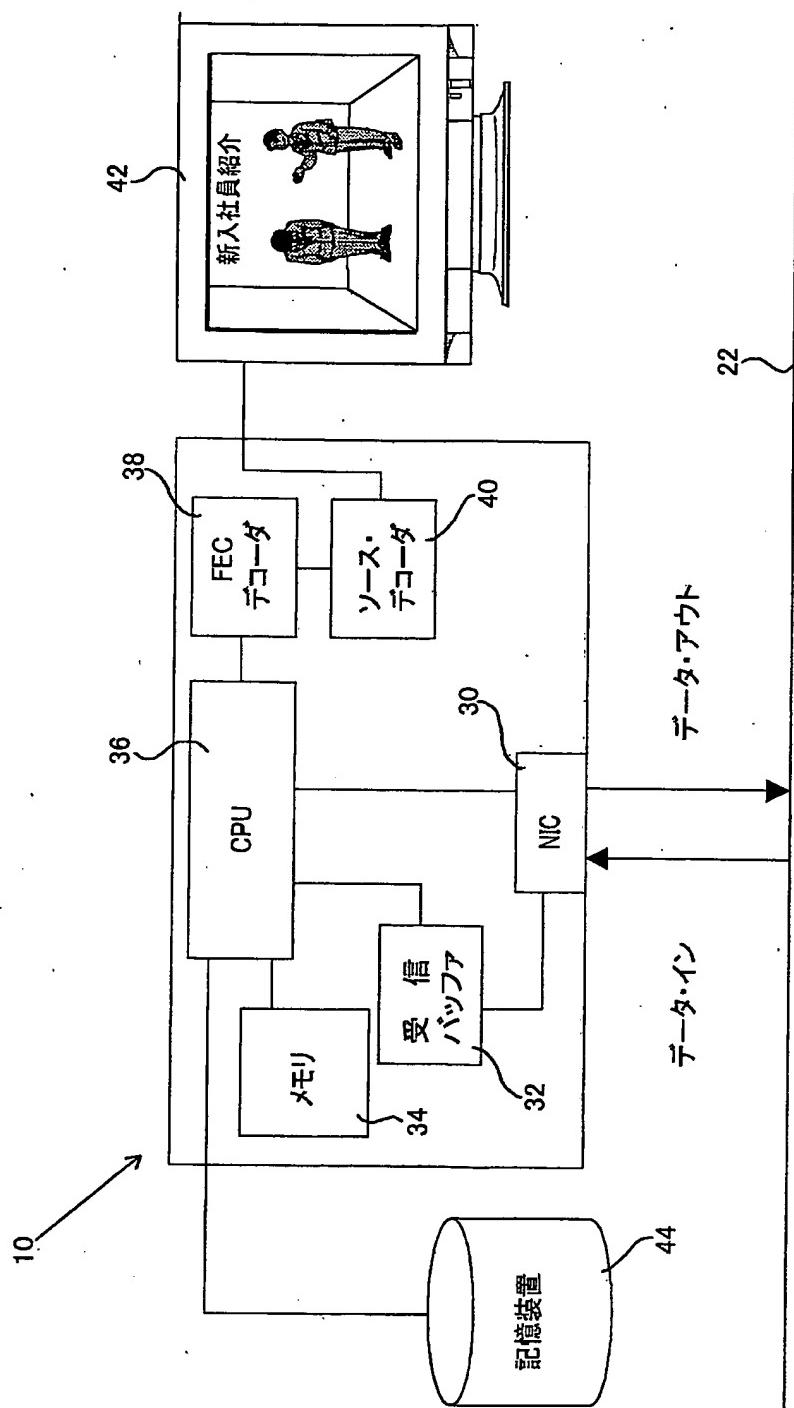
【図7】



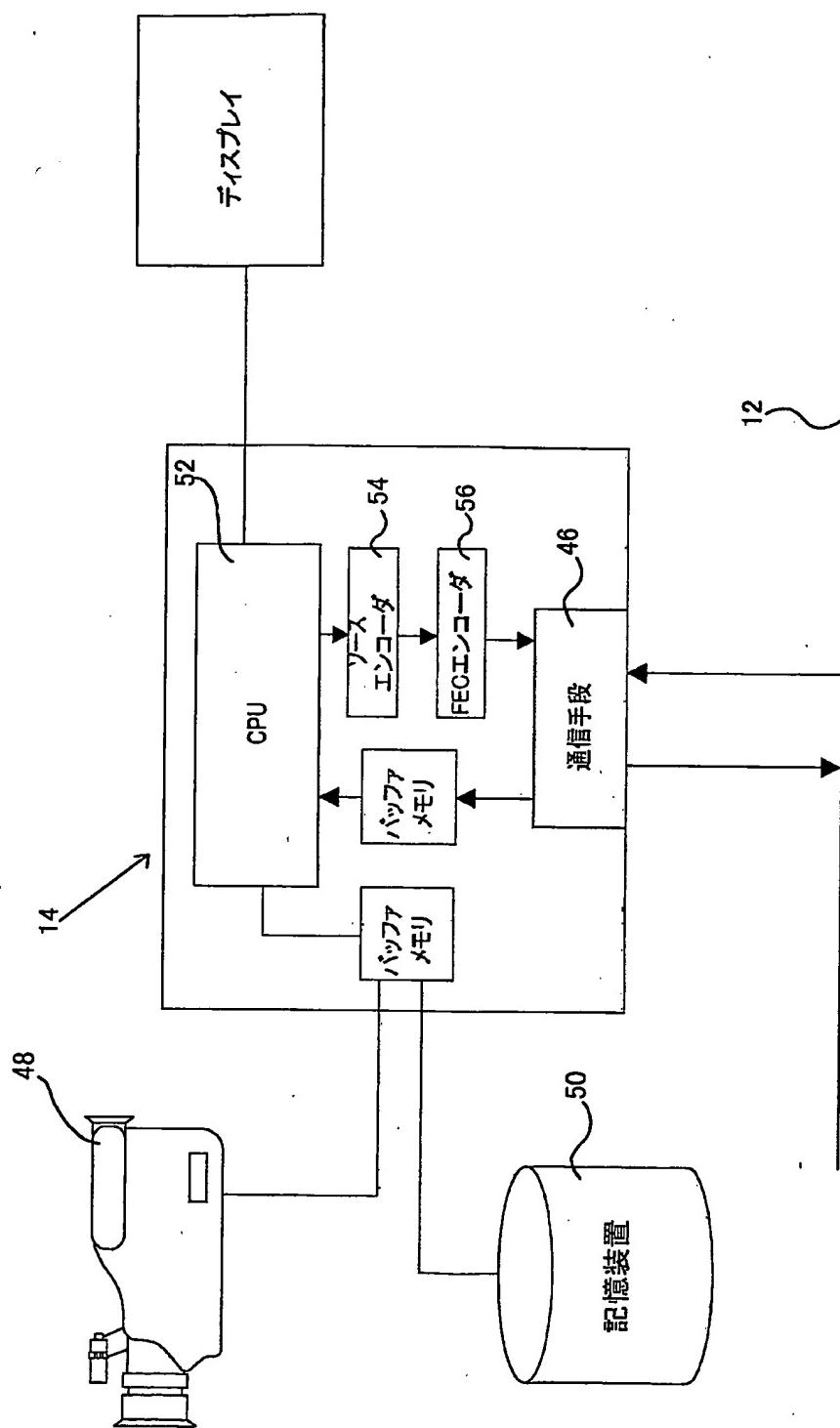
【図8】



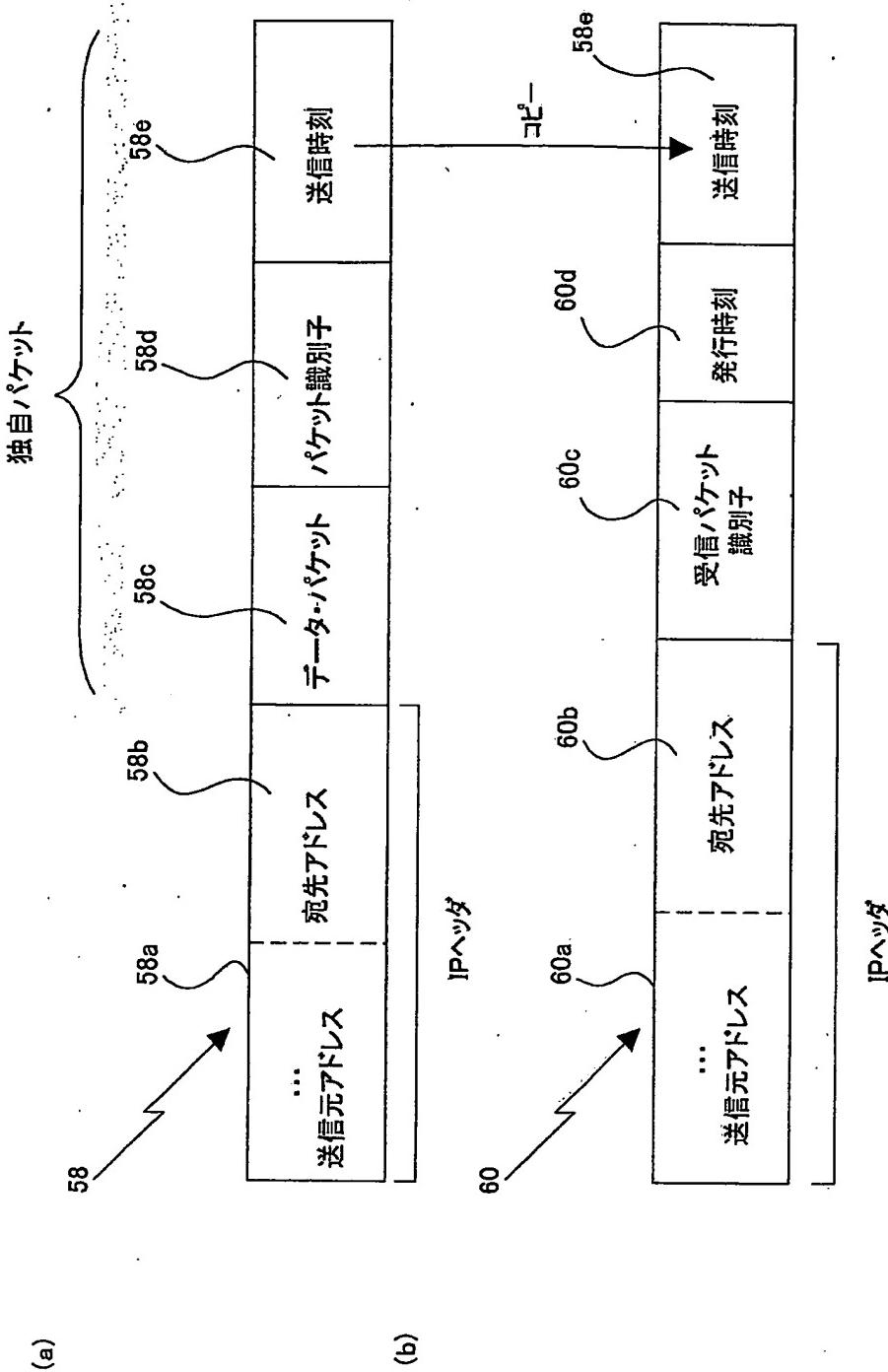
【図9】



【図10】



【図11】

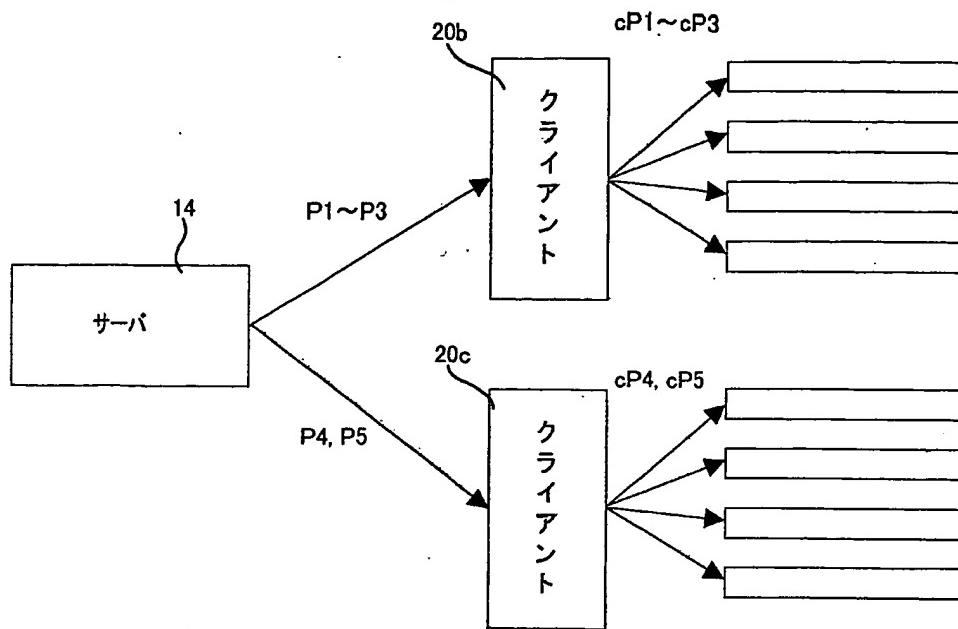


【図12】

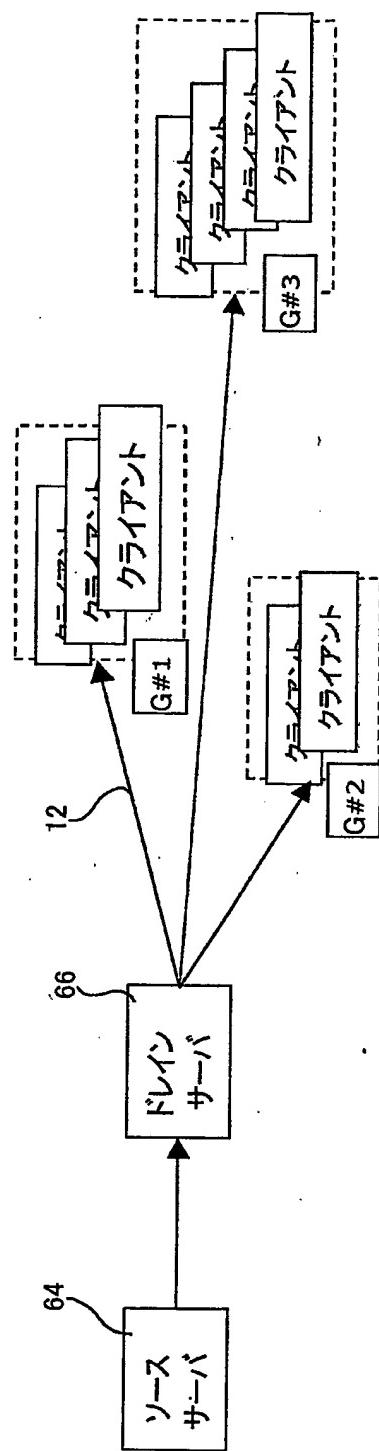
62 → 62a 62b 62c

グループ	クライアント・アドレス	実効スループット
#1	255.255.aaa.001	#1Ta
	255.255.aaa.012	#1Tb
	255.255.aaa.032	#1Tc
	255.255.aaa.040	#1Td
	255.255.aaa.041	#1Te
#2	255.255.bbb.017	#2Ta
	255.255.bbb.019	#2Tb
	⋮	

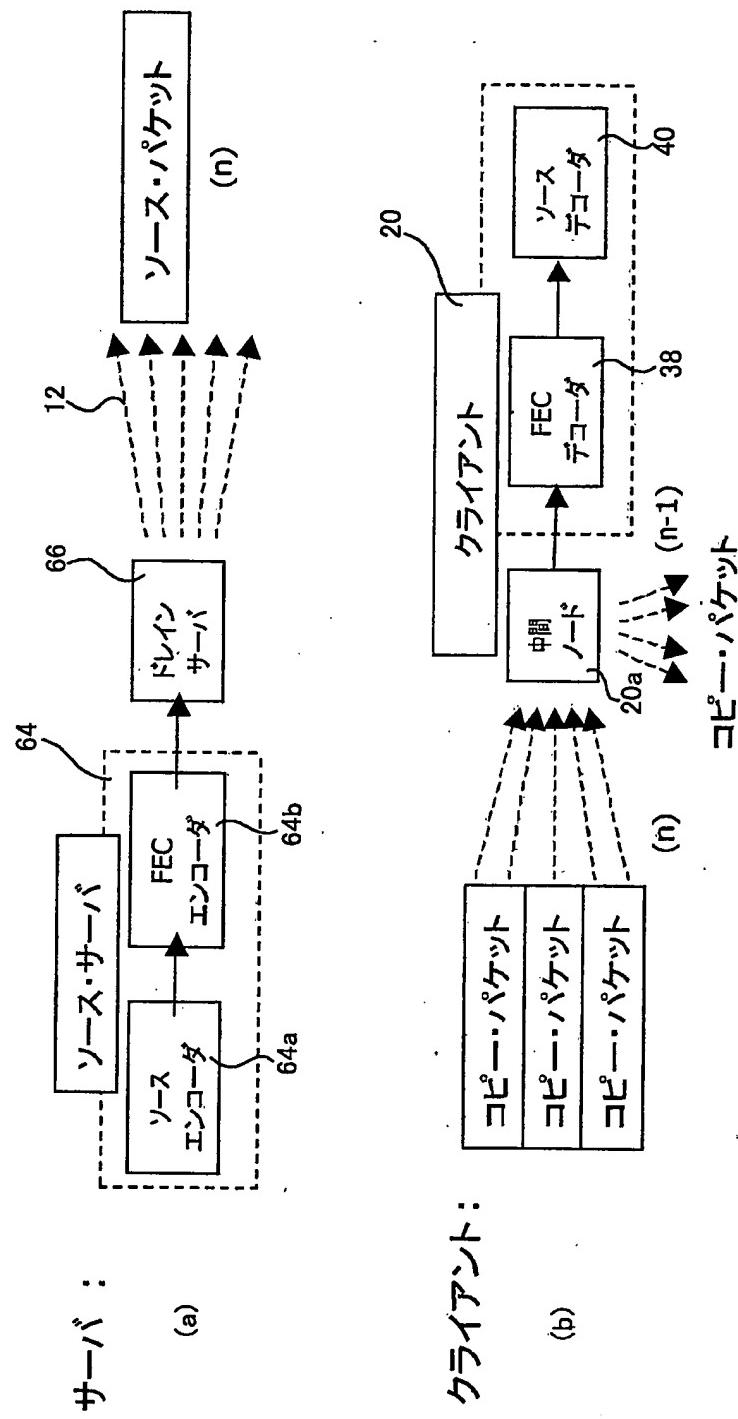
【図13】



【図14】

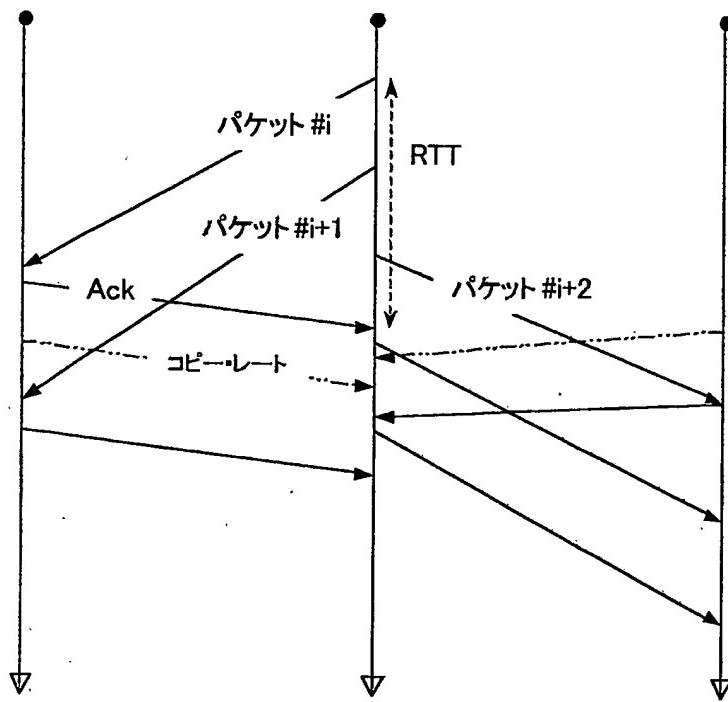


【図15】

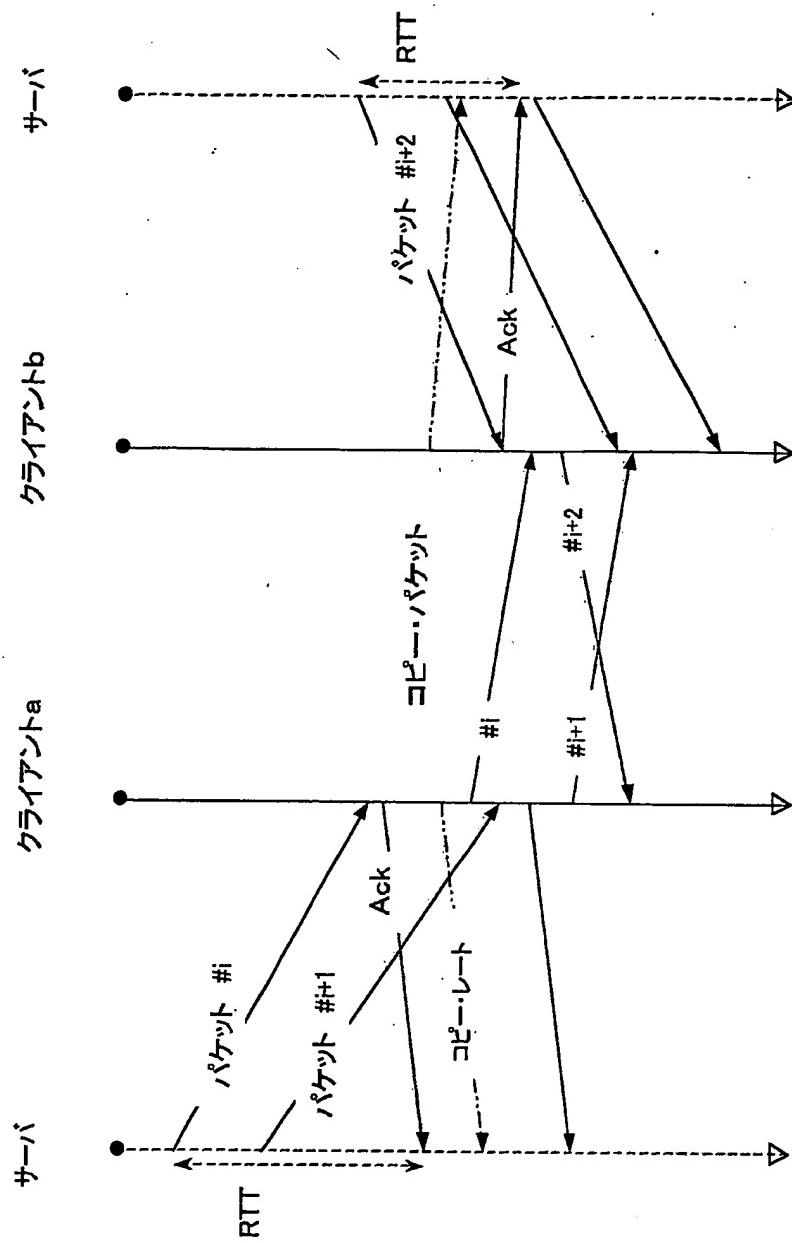


【図16】

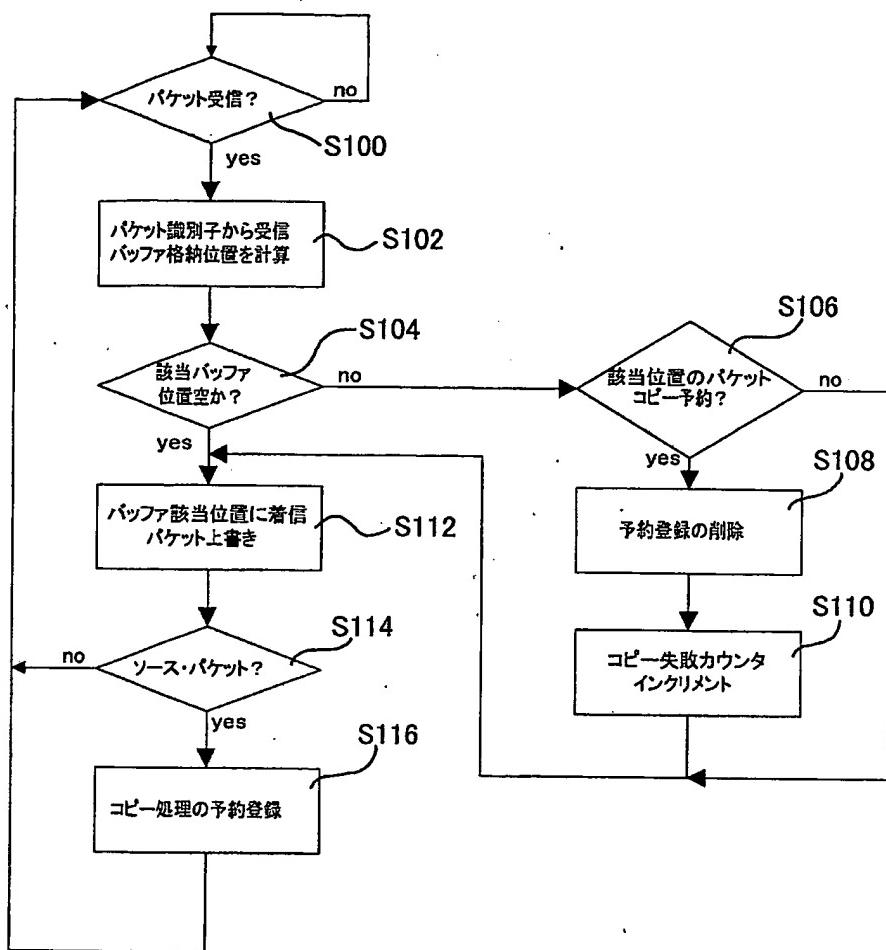
クライアントa サーバ クライアントb



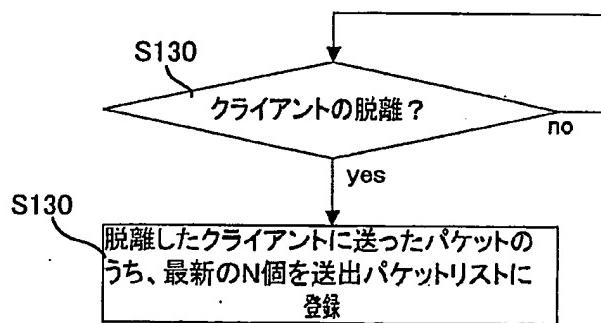
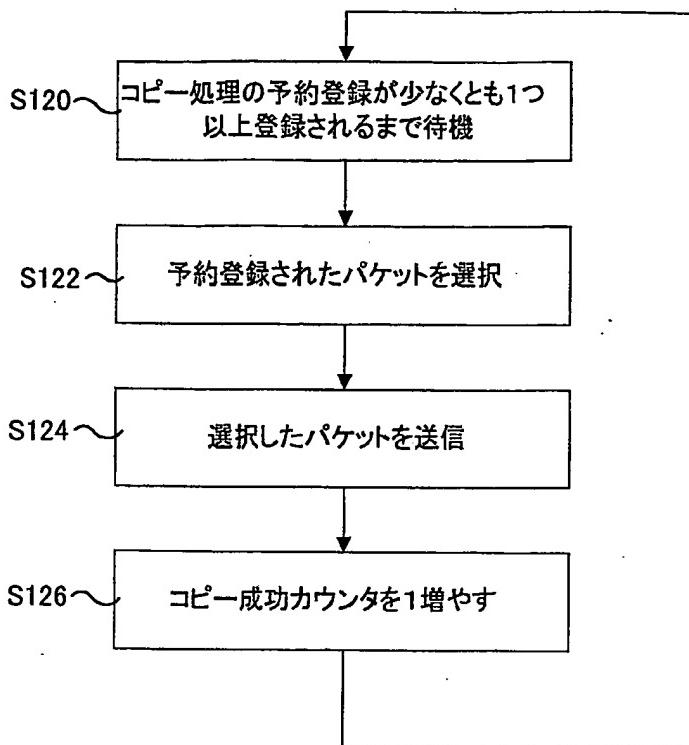
【図17】



【図18】

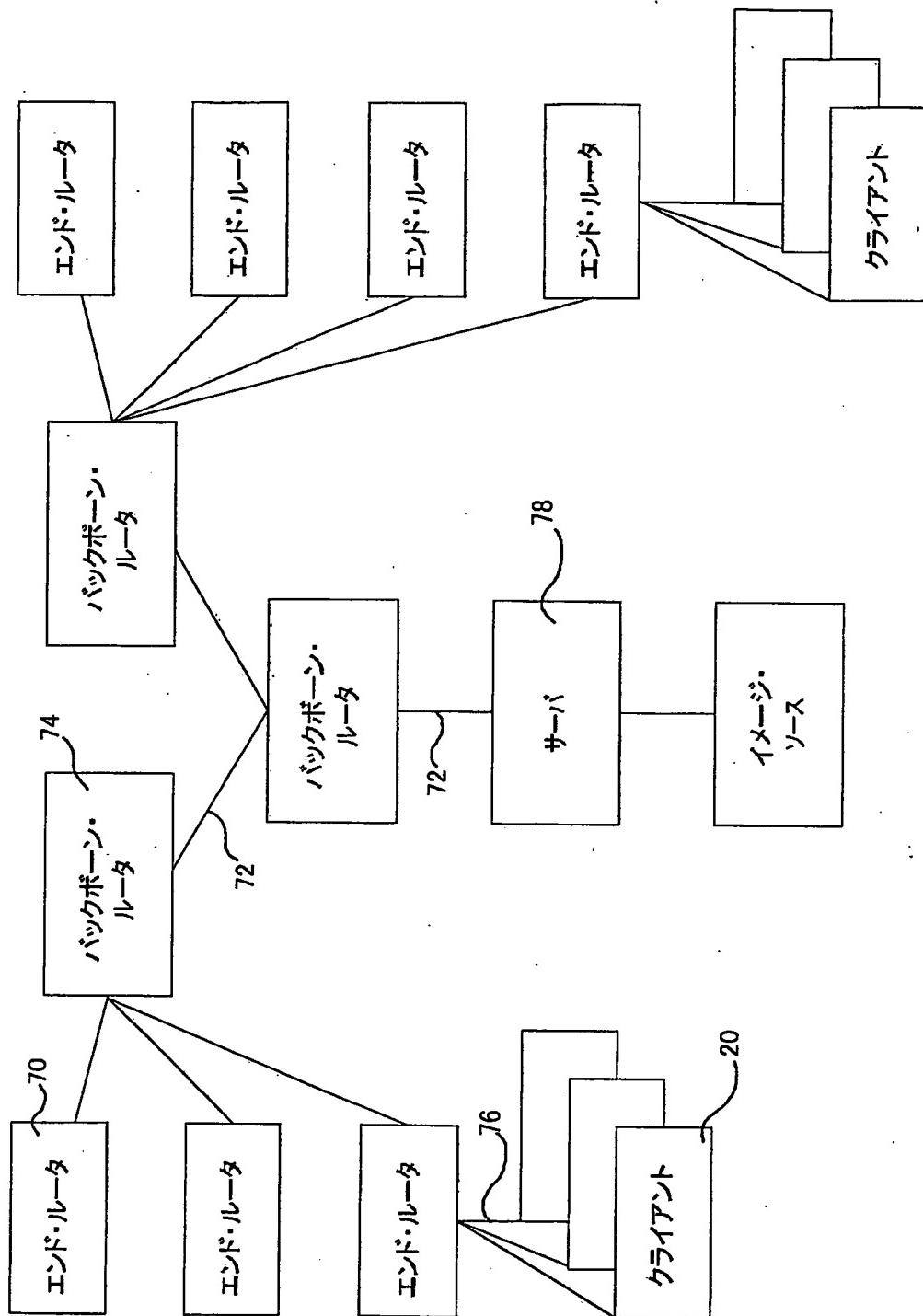


【図19】

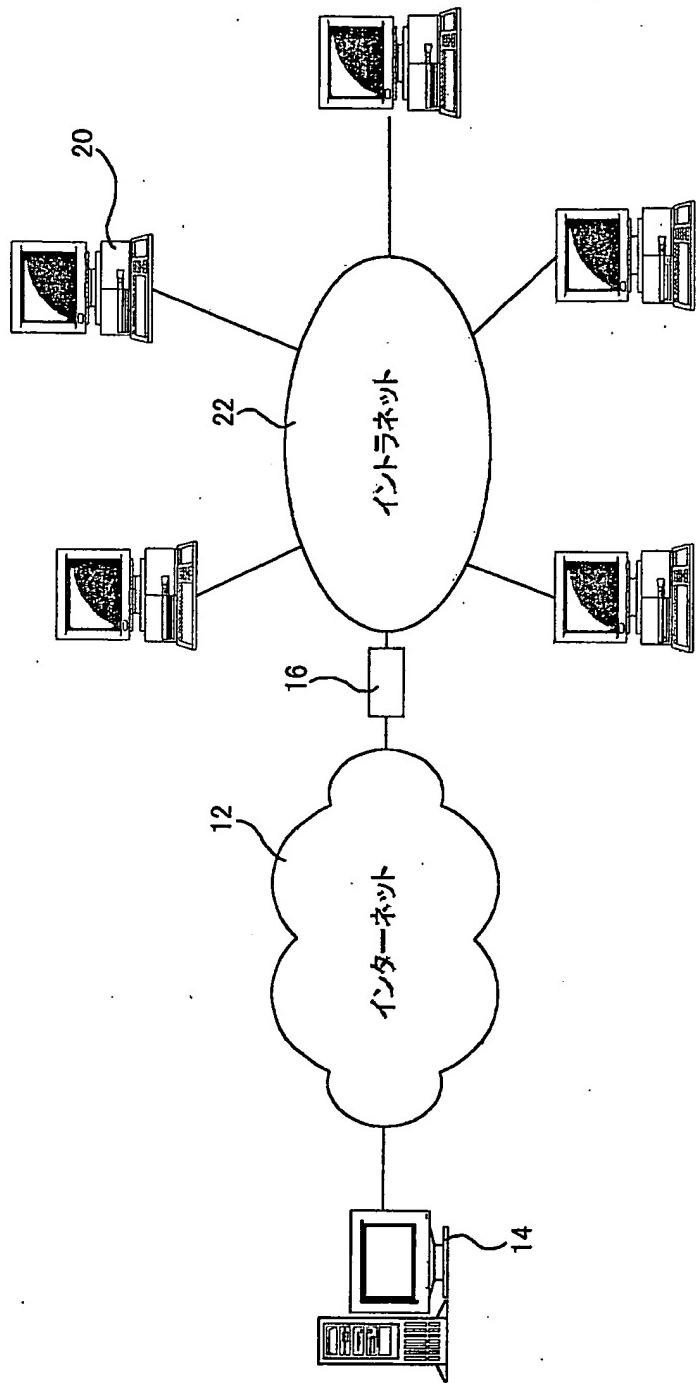


(b)

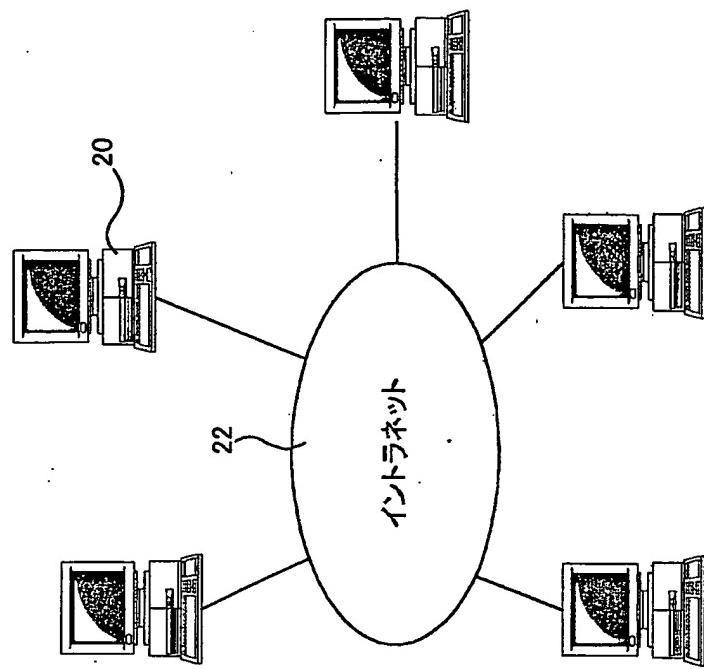
【図20】



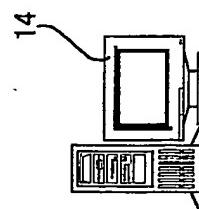
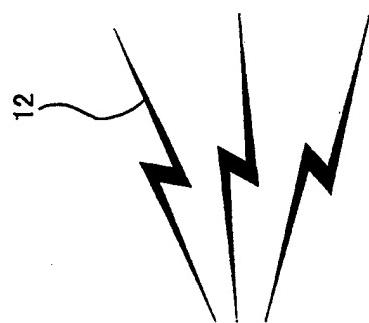
【図21】



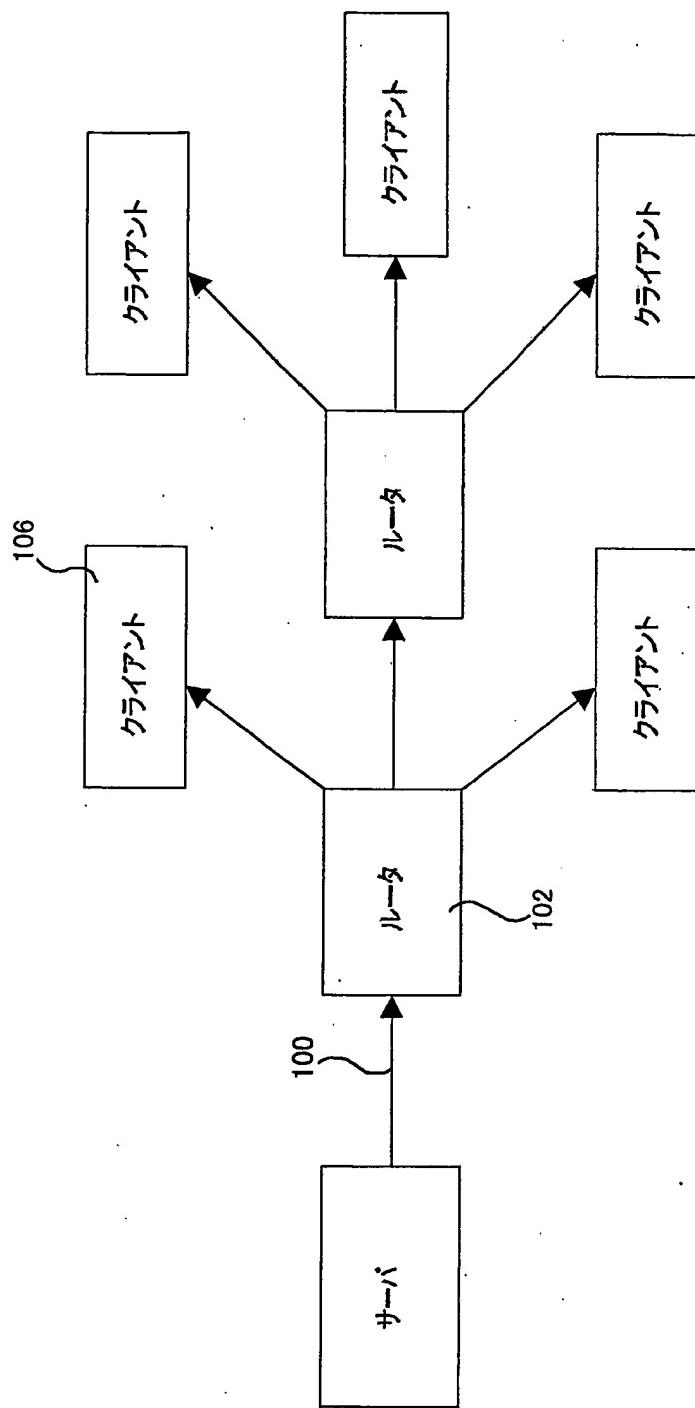
【図22】



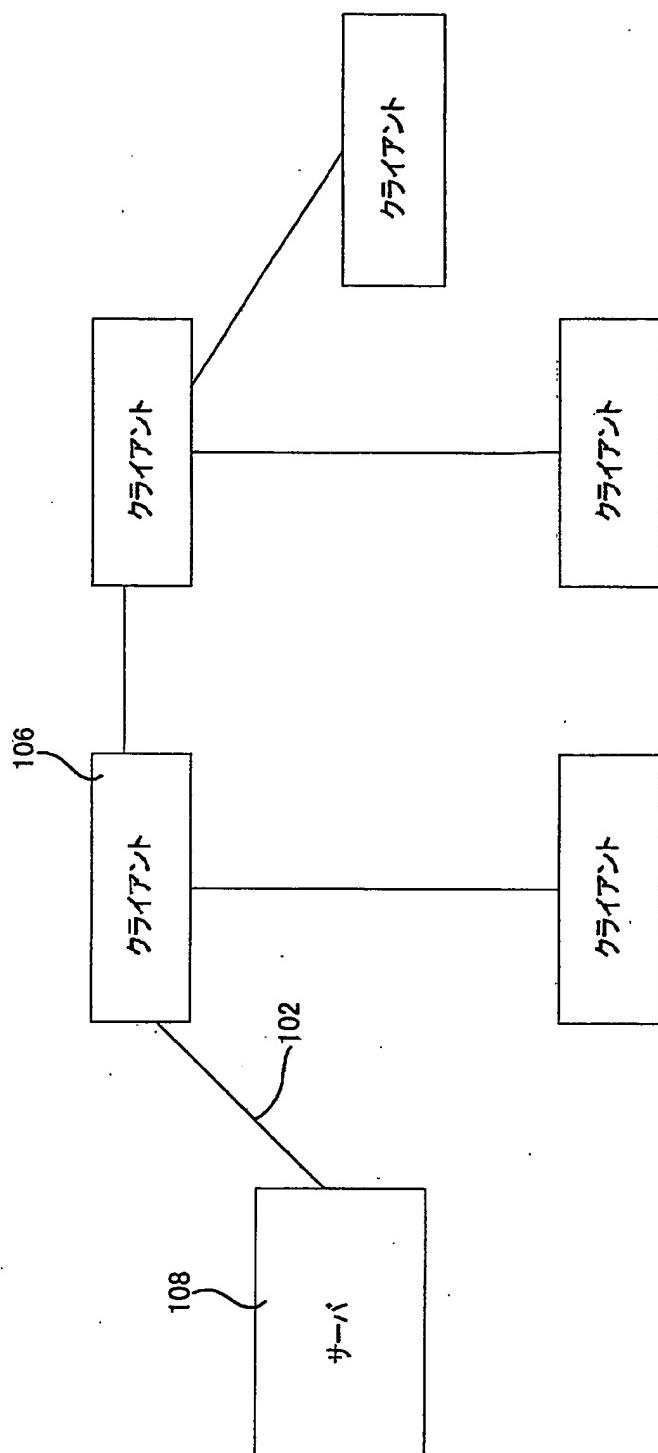
ワイヤレス・ネットワーク



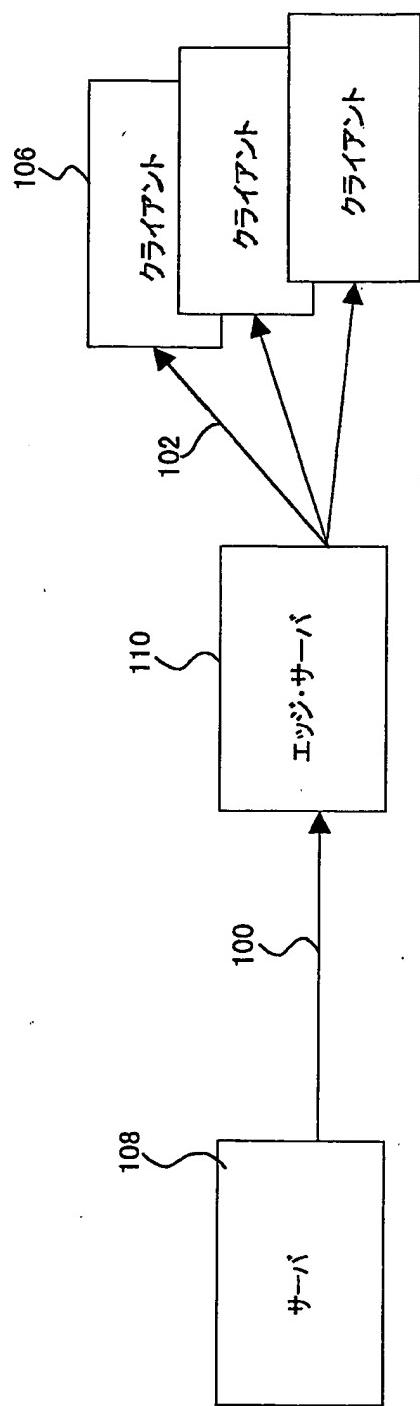
【図23】



【図24】



【図25】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 デジタル・コンテンツ配信システム、デジタル・コンテンツ配信方法、該方法を実行するためのプログラムおよび該プログラムを記憶したコンピュータ可読な記録媒体、およびそのためのサーバおよびクライアントを提供する。

【解決手段】 デジタル・コンテンツ配信システムは、第1のネットワーク12からデジタル・コンテンツを配信し、サーバ14は、第1のネットワーク12に接続され、第2のネットワーク22には、デジタル・コンテンツを受信して表示または再生するためのクライアント20が接続される。サーバ14は、保持したデジタル・コンテンツを複数のパケットに分割し、デジタル・コンテンツを構成するための最小単位のパケットを送信し、最小単位のパケットの送信のみでデジタル・コンテンツをクライアント20に共有させる。

【選択図】 図1

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願2002-165014
受付番号	50200819111
書類名	特許願
担当官	小野寺 光子 1721
作成日	平成14年 7月15日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【特許出願人】

【識別番号】	390009531
【住所又は居所】	アメリカ合衆国 10504、ニューヨーク州 アーモンク ニュー オーチャード ロード
【氏名又は名称】	インターナショナル・ビジネス・マシンズ・コーポレーション

## 【代理人】

【識別番号】	100086243
【住所又は居所】	神奈川県大和市下鶴間 1623 番地 14 日本アイ・ピー・エム株式会社 大和事業所内
【氏名又は名称】	坂口 博

## 【代理人】

【識別番号】	100091568
【住所又は居所】	神奈川県大和市下鶴間 1623 番地 14 日本アイ・ピー・エム株式会社 大和事業所内
【氏名又は名称】	市位 嘉宏

## 【代理人】

【識別番号】	100106699
【住所又は居所】	東京都中央区日本橋本町 3-1-13 ロツツ和奥ビル
【氏名又は名称】	渡部 弘道

## 【復代理人】

【識別番号】	100110607
【住所又は居所】	神奈川県大和市中央林間 3 丁目 4 番 4 号 サクラビル 4 階 間山国際特許事務所
【氏名又は名称】	間山 進也

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [390009531]

1. 変更年月日 2002年 6月 3日

[変更理由]

住所変更

住 所 アメリカ合衆国 10504、ニューヨーク州 アーモンク ニューオーチャード ロード

氏 名 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション